

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①1 **DE 37 39 223 A 1**

②1 Aktenzeichen: P 37 39 223.9
②2 Anmeldetag: 19. 11. 87
④3 Offenlegungstag: 1. 6. 89

⑤1 Int. Cl. 4:
G 02 B 7/11
G 02 B 21/18
G 02 B 21/24
H 01 L 21/66

DE 37 39 223 A 1

⑦1 Anmelder:
Reichert-Jung Optische Werke AG, Wien, AT

⑦4 Vertreter:
Diehl, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 8000 München;
Glaeser, J., Dipl.-Ing., 2000 Hamburg; Hiltl, E.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Burger, E., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦2 Erfinder:
Bierleutgeb, Fritz, Wien, AT

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Autofokussierung von Mikroskopen und Mikroskope mit einer Autofokussierung

In einem Mikroskop mit kontinuierlich oder diskontinuierlich variierbarer Objektivvergrößerung ist ein Autofokussiersystem vorgesehen, dessen Strahlengang das Objektiv durchsetzt, zwischen Objektiv und Okular aus dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops herausgeführt ist, und zu zumindest einer foto-elektrischen Detektorvorrichtung führt. In dem Strahlengang des Autofokussierungssystems ist zumindest ein optisches System eingebracht oder einbringbar, das bei einer Änderung der Objektivvergrößerung eine Maßstabsänderung des zumindest einen auf der Detektorvorrichtung erzeugten Bildes ermöglicht oder bewirkt. Das zumindest eine optische System kann ein Zoomsystem sein oder eine Reihe von in den Strahlengang des Fokussierungssystems einbringbaren Linsen oder festen Linsensystemen. Durch einen Koppelungsmechanismus wird bewirkt, daß bei einem Objektivwechsel oder einer Änderung der Objektivvergrößerung die Brennweite des zumindest einen in den Strahlengang des Autofokussierungssystems eingebrachten oder einbringbaren optischen Systems entsprechend variiert wird. In die Objektebene ist des weiteren ein Hell-Dunkel-Kontrast enthaltendes Muster projiziert, das im Auflichtbetrieb bei geringen Objektkontrasten ein sicheres Auffinden der optimalen Scharfeinstellung sicherstellt.

DE 37 39 223 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Autofokussierung eines Mikroskops mit kontinuierlich oder diskontinuierlich veränderbarer Objektivvergrößerung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft des weiteren ein Mikroskop mit kontinuierlich oder diskontinuierlich variierbarer Objektivvergrößerung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 24.

Bei mikroskopischen Untersuchungen ist vielfach notwendig, rasch zwischen verschiedenen Vergrößerungen wechseln zu können, wobei Objektive zur Anwendung kommen, deren Vergrößerung über weite Bereiche variiert, beispielsweise von $5\times$ bis $150\times$ und darüber. Da derartige Mikroskope auch zur Überwachung in der Produktion, d. h. zu Routineuntersuchungen, beispielsweise bei der Waverherstellung, in großem Maße Anwendung finden, und der visuelle Fokussierungsvorgang für die Bedienungsperson äußerst ermüdend ist, wird in verstärktem Maße versucht, Autofokussierungssysteme zum Einsatz zu bringen, die rasch eine automatische und in Einzelfällen auch genauere Scharfeinstellung auf das Objekt ermöglichen, als dies visuell möglich wäre. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die herkömmlichen Autofokussierungssysteme, insbesondere wenn sie mit einer Strahlung arbeiten, die eine Beschädigung oder Veränderung der zu beobachtenden Halbleiterplättchen ausschließt, überfordert sind, wenn die Objektivvergrößerung in einem größeren Bereich variiert, wie er beispielshalber vorstehend angegeben wurde. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, daß bei zunehmender Vergrößerung im Objekt enthaltene oder auf dem Objekt erzeugte Strukturen bezüglich des Kantenkontrastes verwaschen werden, was zu einer zunehmenden Ungenauigkeit führt, wenn dieser Kontrast oder daraus abgeleitete Größen, wie der Gehalt an hohen Ortsfrequenzen, zur Scharfeinstellung herangezogen werden. Ein weiteres Problem ist nach Erkenntnis der Anmelderin darin zu sehen, daß mit steigender Vergrößerung bildseitig die Tiefenschärfe zunimmt, und zwar mit dem Quadrat der Vergrößerung des Objektivs, was in einem erheblichen Maße zu dem zum Teil unerklärlichen Versagen der herkömmlichen Autofokussierungssysteme bei unterschiedlicher Vergrößerung beitragen dürfte. Die Anmelderin hat daher ein in der Patentanmeldung P 37 07 487.4 beschriebenes Verfahren zur Autofokussierung und ein Mikroskop mit einer Autofokussierung geschaffen, welche in der Lage sind, auch bei stark differierenden Objektivvergrößerungen eine sichere und optimale automatische Scharfeinstellung auf das Objekt zu ermöglichen. Es hat sich jedoch gezeigt, daß diese Art der Autofokussierung nur dann vollständig funktioniert, wenn am Objekt genügend Details sichtbar sind. Insbesondere bei Auflichtverfahren ist es oft notwendig, Objektstellen mit wenig Details (beispielsweise Waver in der Elektronikindustrie in einem ersten Beschichtungsstadium) oder im Extremfall sogar reine Oberflächen Spiegel zu fokussieren.

Aber auch dann, wenn genügend Details sichtbar sind, kann es vorkommen, daß bei schneller Bewegung des Objektisches bei gleichzeitig starker Objektivvergrößerung das Bild so schnell durch die optimale Scharfeinstellung fährt, daß es von der Elektronik nicht mehr als scharf oder unscharf wahrgenommen werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde das eingangs beschriebene Autofokussierungssystem dahingehend weiter zu entwickeln, daß es insbesondere beim Auflichtbetrieb auch bei Objekten

die selbst nur geringe Details aufweisen eine sichere Scharfeinstellung gewährleistet. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gelöst, wie es im Anspruch 1 wiedergegeben ist, sowie durch ein Mikroskop gemäß Anspruch 24. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben. Das auf das Objekt projizierte Muster erzeugt dort ein Bild, welches reflektiert wird und zur Scharfeinstellung verwendet wird. Der hier verwendete Begriff "Signale" umfaßt sowohl optische als auch elektrische Signale, wobei in dem Autofokussierungssystem zunächst optische Signale entstehen, welche durch elektro-optische Wandler in elektrische Signale umgewandelt werden, die einer elektronischen Weiterverarbeitung unterzogen werden können, und nach ihrer Weiterverarbeitung zumindest ein Steuersignal liefern, welches eine Verschiebung von Objekt und/oder Objektiv in Richtung auf die optimale Scharfeinstellung in an sich bekannter Weise, beispielsweise über entsprechende Elektromotore und -antriebe, bewirken kann.

Das Muster wird bevorzugt in einer zur Objektebene konjugierten Ebene angeordnet und von hinten beleuchtet, wobei als Muster mit Vorteil ein Strich- oder Kreuzgitter verwendet wird. Die Einspiegelung des Musters erfolgt zweckmäßigerweise mittels eines teildurchlässigen Spiegels oder Prismas der im Abbildungsstrahlengang angebracht ist. Damit insbesondere bei Dunkelfeldbeleuchtung das dem Objekt im Einblick des Mikroskops überlagerte Bild des Musters nicht stört wird die Beleuchtung des Musters nur während der Relativbewegung zwischen Objekt und Objektiv eingeschaltet. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, für die Beleuchtung des Musters und zur Durchführung der Autofokussierung Licht eines Wellenlängenbereichs zu verwenden, der im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufzeichnungseinrichtung wieder ausgefiltert wird, für den jedoch die Optiken korrigiert sind. Besonders zweckmäßig ist es, wenn zur Beleuchtung des Musters Licht mit einem Wellenlängenbereich verwendet wird, der außerhalb des für die Abbildung wirksam verwendeten Wellenlängenbereiches liegt, und zur Kompensation der hierdurch bedingten Brennpunktverschiebungen das Muster oder eine das Muster abbildende Optik in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Mikroskopobjektiv in eine vorbestimmte Lage verschoben wird, welche die wellenlängenbedingte Brennpunktverschiebung kompensiert.

Gemäß einer alternativen Lösung erfolgt die Beleuchtung des Musters mit polarisiertem Licht, das im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmeeinrichtung durch komplementäre Polarisationsfiltermittel ausgefiltert wird.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung werden bevorzugt für den Ausgleich der durch einen Wechsel in der Objektivvergrößerung bedingten Änderungen der Signale optische Mittel verwendet, mit welchen die optischen Signale vor ihrer Umwandlung in elektrische Signale eine Anpassung erfahren. Alternativ oder zusätzlich hierzu können für den Ausgleich der durch einen Wechsel in der Objektivvergrößerung bedingten Änderungen der Signale elektronische Mittel eingesetzt werden, welche die elektrischen Signale beeinflussen oder verarbeiten, wie beispielsweise Gradationsverstärkungen oder Verschärfungen im Frequenzverhalten elektrischer Filter, Integratorschaltungen usw. Die praktische Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß die optischen Mittel die Wirksamkeit zeigen. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform

des erfindungsgemäßen Verfahrens werden als optische Signale von dem Objekt zwei voneinander getrennte Abbildungen auf separaten elektro-optischen Wandlern oder auf separaten Bereichen eines elektro-optischen Wandlers erzeugt, wobei die durch Rückprojektion der Abbildungen aufnehmenden Wandler oder Bereiche eines Wandlers entstehenden Fokusebenen voneinander getrennt und vor bzw. hinter der Scharfeinstellungsebene für das Objekt liegen. Der besondere Vorteil dieses Verfahrens ist darin zu sehen, daß es bei Auf- und Durchlichtbeleuchtung in gleicher Weise anwendbar ist. Mit Vorteil werden als optische Mittel Linsen bzw. Linsensysteme verwendet, die bei der Formung der optischen Signale das vom Objektiv erzeugte Bild maßstäblich verändern, und insbesondere eine Verkleinerung desselben bewirken, damit die Stufenkontraste erhöht und die bildseitige Tiefenschärfe verringert wird. Gemäß einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Maßstabsveränderung stufenweise durchgeführt, indem beispielsweise entsprechend dem jeweils verwendeten Objektiv eine zugehörige Linse oder ein zugehöriges Linsensystem in den Fokussierungsstrahlengang eingeschwenkt wird, wobei die Linsen oder Linsensysteme, beispielsweise auf einem Revolver, angeordnet sein können.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Maßstabsveränderung jedoch kontinuierlich mittels eines Zoomobjektivs, das in den Strahlengang des Fokussierungssystems eingesetzt ist. Die Vergrößerung des Objektivs kann hierdurch zumindest soweit aufgehoben werden, daß der nachteilige Einfluß der bildseitigen Tiefenschärfenzunahme eliminiert werden kann, und daß für die vergrößerungsbedingten Verflachungen der Kantenkontraste bei starken Vergrößerungen soweit reduziert werden, daß bei einem Vergleich der zur Scharfeinstellung herangezogenen Referenzsignale ein sicheres Unterscheidungskriterium erreichbar ist.

Zweckmäßigerweise erfolgt die Maßstabsveränderung gekoppelt mit der Veränderung der Objektivergrößerung und automatisch, wobei jedoch eine manuelle Beeinflussung vorgenommen werden kann, die u. U. bei schwachen Bildkontrasten notwendig ist, um einen von dem Autofokussierungssystem verwertbaren Kontrastbereich herauszugreifen.

Bei der praktischen Durchführung des Verfahrens hat es sich als besonders zweckmäßig erwiesen, wenn die Maßstabsveränderung nach einer Herausführung der optischen Signale aus dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops erfolgt, um letzteren nicht nachteilig zu beeinflussen. Mit Vorteil werden dabei die optischen Mittel zur Maßstabsänderung vor Aufspaltung in zwei voneinander getrennte optische Signale verwendet. Als zweckmäßig hat es sich des weiteren erwiesen, wenn die optischen Signale vor der Bildung der voneinander getrennten Abbildungen zumindest bei Einnahme des optimalen Fokussierungszustandes bildgrößen- und hellkeitsmäßig abgeglichen werden, d. h. wenn man bei Einnahme des optimalen Fokussierungszustandes gleich große und gleich helle Abbildungen erhält, was normalerweise aufgrund der unterschiedlichen Abbildungsverhältnisse und der unterschiedlichen Anzahl von Reflexionen oder der unterschiedlichen Anzahl von durchlaufenen Glasflächen nicht unbedingt der Fall ist. Einfache, in einem der Strahlengänge angebrachte Sammel- bzw. Zerstreuungslinsensysteme bzw. entsprechende Graufilter ermöglichen ohne großen Aufwand die Durchführung dieser Maßnahmen.

Insbesondere nach einem derartigen Abgleich der beiden für die Fokussierung verwendeten Signale läßt sich zur Grobfokussierung die Helligkeit der beiden Abbildungen verwenden, ein Kriterium, das beispielsweise auch dann wirksam ist, wenn die Rückprojektionen der beiden Abbildungen in den Objektraum den eigentlichen Scharfeinstellungsbereich nicht einschließen.

Zumindest für die Feinfokussierung werden die einen hohen Ortsfrequenzbereich entsprechenden Inhalte der Signale verwendet, welche optisch durch entsprechende Gitter oder elektrisch durch entsprechende Filter herausgegriffen werden können. Als elektro-optischer Wandler wird vorzugsweise zumindest eine TV-Aufnahmevorrichtung verwendet, wobei die getrennten Abbildungen mit Vorteil benachbart zueinander auf zumindest einem TV-Bildschirm wiedergegeben werden. Dieser erlaubt eine visuelle Kontrolle der Scharfeinstellung und läßt daneben erkennen, ob eine bezüglich der Autofokussierung günstige, d. h. kontrastreiche, Stelle des Objekts verwendet ist, die eine Verschiebung des Objekts oder eine Maßstabsänderung im Autofokussierungssystem angebracht erscheinen läßt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden von dem Objekt Teilbilder in unterschiedlichen Maßstäben nebeneinander oder überlagert auf eine Detektorvorrichtung abgebildet, wobei die Auswertelektronik die Scharfeinstellung anhand des hierfür geeignetsten Ortsfrequenzbereichs bewirkt, der den Teilbildern zu entnehmen ist.

Das erfindungsgemäße Mikroskop nach dem Anspruch 24 bewirkt, daß nicht nur bei stark wechselnder Objektivergrößerung, sondern auch bei schwachen Objektivkontrasten eine sichere und exakte automatische Fokussierung bewirkt werden kann. Die Beleuchtungsquelle, welche das Muster beleuchtet, weist bevorzugt einen bestimmten Wellenlängenbereich auf oder es ist ein selektives Farbfilter vor dem Muster angeordnet und es ist in den Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmevorrichtung z. B. einer Photokamera, einem Videoaufnahmegerät oder Filmkameras ein komplementäres Farbfilter angebracht. Vorzugsweise ist daher in Richtung der Lichtausbreitung gesehen vor dem Muster ein Langpaßfilter und im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmevorrichtung ein korrespondierendes Kurzpaßfilter eingebracht. Als alternative Lösung kann in Richtung der Lichtausbreitung gesehen vor dem Muster ein Polarisationsfilter und in dem Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder der Aufnahmevorrichtung ein komplementäres Polarisationsfilter angebracht sein.

Als zweckmäßig hat es sich ferner erwiesen, wenn das Gitter oder eine Linse, welche das Gitter abbildet, längs des Projektionsstrahlenganges verschiebbar angeordnet ist und mit einer Stellvorrichtung in Wirkverbindung steht, welche eine Verschiebung des Gitters in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Mikroskopobjektiv bewirkt. Vorzugsweise enthält das optische System, welches im Autofokussierungssystem die Maßstabsänderung bewirkt, ein Zoomsystem, das prinzipiell jedoch auch durch eine Reihe von in den Strahlengang separat einbringbaren Linsen und Linsensystemen ersetzt sein kann, die beispielsweise auf einem Revolver angeordnet sind. Zweckmäßigerweise ist ein Kopplungsmechanismus vorgesehen, welcher bewirkt, daß bei einem Objektivwechsel oder bei einer Änderung der Objektivergrößerung die Brennweite des in den Strahlengang des Autofokussierungssystems eingebrachten oder ein-

bringbaren zumindest einen optischen Systems entsprechend variiert wird. Eine, insbesondere bei schlechten Kontrasten, u. U. notwendige Nachjustierung läßt sich besonders einfach bewerkstelligen, wenn der Kopplungsmechanismus für jede vorgegebene Vergrößerung des Objektivs eine entsprechende Grundeinstellung der Brennweite für das zumindest eine optische System bewirkt und daneben eine manuelle Eingriffsmöglichkeit zur Brennweitenverstellung bietet.

Gemäß einer baulich besonders einfachen Ausführungsform eines Mikroskops mit Auflicht- und/oder Durchlichtbeleuchtung und zwei Detektoreinrichtungen, welche derart angeordnet sind, daß ihre Rückprojektionen mittels der Optiken des Autofokussierungssystems und des Objektivs in voneinander getrennten Fokusebenen benachbart zur Scharfeinstellungsebene des Objekts liegen, wird das optische System zur Erzeugung einer Maßstabsänderung der auf den Detektoreinrichtungen erzeugten Abbildungen des Objekts in einen Bereich des Fokussierungsstrahlengangs angeordnet oder ist in diesem anbringbar, welcher von den zu den beiden Detektoreinrichtungen verlaufenden Strahlenbündeln gemeinsam durchlaufen wird. In einer alternativen Ausgestaltung dieses Mikroskops wird je ein optisches System zur Erzeugung einer Maßstabsänderung der auf den Detektoreinrichtungen erzeugten Abbildungen des Objekts in dem separat zu der jeweiligen Detektoreinrichtung führenden Bereich des Strahlengangs angebracht. Die beiden den Detektoreinrichtungen zugeordneten optischen Systeme können unterschiedlich ausgebildet sein, und zwar möglichst derart, daß sie gleichzeitig einen Hellabgleich und/oder einen Größenabgleich im Zustand der Scharfeinstellung sicherstellen. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist in dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops eine Strahlenteilervorrichtung derart angebracht, daß von dem hierdurch ausgelenkten Fokussierungsstrahlenbündel ein Zwischenbild des Objekts erzeugt wird, welches mit Hilfe des zumindest einen optischen Systems im Maßstab verändert direkt oder über ein weiteres Zwischenbild auf die Detektoreinrichtungen abgebildet wird. Mit Vorteil ist dem optischen System ein Kollimator derart vorgeschaltet, daß der die Pupille des Mikroskopobjektivs in die Pupille des zugehörigen optischen Systems abbildet. Für die Detektoreinrichtungen wird vorzugsweise zumindest eine TV-Aufnahmeeinrichtung verwendet, auf der aneinander angrenzend, vorzugsweise nebeneinander, zwei in der Größe identische Bilder des Objekts gebildet werden, die bei optimaler Fokussierung gleich hell und gleich unscharf sind. An die TV-Aufnahmeeinrichtung sind elektronische Signalverarbeitungsmittel angeschlossen, welche die Verschiebung des Objektisches und/oder des Mikroskopobjektivs steuern, bis eine optimale Fokussierung erreicht ist. Zur visuellen Beobachtung kann ein Bildschirm angeschlossen sein.

Bei Verwendung einer einzigen TV-Aufnahmeeinrichtung, welche beide Abbildungen erfaßt, ist eine elektronische Schaltung mit einem Differenzverstärker angeschlossen, wobei ein Umschalter nach jedem Abtastintervall der TV-Aufnahmeeinrichtung, das gleich der Breite einer der auf der Aufnahmeleitung selbst erzeugten Abbildungen ist, das gegebenenfalls aufbereitete Signal aus der Aufnahmeeinrichtung auf den jeweils anderen Eingang des Differenzverstärkers umschaltet.

Die Elektronik ist des weiteren vorzugsweise so ausgelegt, daß Änderungen in den Signalen, die auf die Relativbewegung zwischen Objekt und Objektiv wäh-

rend des Fokussierungsvorganges zurückzuführen sind, zu keiner Verfälschung der Meßergebnisse führen.

Die beiliegenden Zeichnungen eines Ausführungsbeispiels dienen der weiteren Erläuterung der Erfindung:

Fig. 1 zeigt schematisch den Strahlengang eines erfindungsgemäßen Mikroskops mit Autofokussierung;

Fig. 2 zeigt eine elektronische Schaltung, die an die in **Fig. 1** gezeigte Fernsehkamera anzuschließen ist;

Fig. 3 zeigt Signalverläufe, die sich bei der Schaltung der **Fig. 2** ergeben.

Fig. 4 zeigt eine Detailansicht aus dem in **Fig. 1** gezeigten Strahlengang von einer praktischen Ausführungsform des Mikroskops.

In **Fig. 1** sind schematisch die wichtigsten Bereiche des Strahlengangs eines Mikroskops und dessen Autofokussierungssystems dargestellt. Die optische Achse des Mikroskops ist mit $X-X$ bezeichnet. Mit O ist eine längs der optischen Achse $X-X$ des Mikroskops, wie durch die Pfeile $f-f'$ angedeutet, verstellbare Objektebene bezeichnet. Das Mikroskop ist für Auflicht- und Durchlichtbeleuchtung ausgerichtet. Im Falle einer Auflichtbeleuchtung wird Licht, das von einer Lichtquelle LA herkommt, über einen halbdurchlässigen Spiegel 2 in den Strahlengang $X-X$ eingespiegelt. Im Falle einer Durchlichtbeleuchtung fällt Licht, das von einer Lichtquelle LD herkommt, nach Durchlaufen eines Kondensors 4 ebenfalls auf die Objektebene O . In einem lediglich schematisch angedeuteten Objektivrevolver 6 ist eine Reihe von Objektiven mit unterschiedlicher Vergrößerung derart gehalten, daß diese bei Drehen des Revolvers 6 aufeinanderfolgend in den Strahlengang $X-X$ einbringbar sind. Aus Gründen der Vereinfachung sind lediglich zwei Objektive dargestellt, von denen das Objektiv 8 nicht im Strahlengang und das Objektiv 10 im Strahlengang angeordnet ist. Die Fokussierung erfolgt durch Verschiebung der Objektebene O in Richtung der Pfeile f bzw. f' . Mit P ist die Pupille des Objektivs 10 bezeichnet. In dem vom Objektiv 10 zu einem nicht gezeigten Okular oder Binotubus führenden Strahlengang, ist eine Tubuslinse 12 angebracht, sowie anschließend an diese ein halbdurchlässiger Spiegel 14 , der ein Fokussierungsstrahlenbündel aus dem Strahlengang $X-X$ auslenkt, dessen optische Achse durch das Bezugszeichen 16 angedeutet ist und zu einer mit TV bezeichneten Fernsehkamera führt. Im letzten Bereich vor der Fernsehkamera TV ist der Strahlengang 16 durch einen Teilerspiegel in zwei Teilstrahlen $16a$ und $16b$ aufgespalten, wobei der Teilstrahl $16b$ durch einen Umlenkspiegel 20 derart umgelenkt wird, daß er parallel zum Teilstrahl $16a$ verläuft. Beide Teilstrahlen $16a$ und $16b$ treffen auf eine lichtempfindliche Schicht 22 der Fernsehkamera auf, bei der die Aufnahmelinse entfernt ist. Die Teilstrahlen $16a$ und $16b$ erzeugen auf der lichtempfindlichen Schicht 22 als Bildebene O'' zwei Abbildungen $22a$ und $22b$ eines in der Objektebene O befindlichen Objektes. Die Anordnung ist dabei derart getroffen, daß die Abbildungen $22a$ und $22b$ möglichst eng aneinanderliegen, sich aber nicht überlappen. Bei einer Rückprojektion des zur Abbildung $22a$ gehörigen Flächenanteils der lichtempfindlichen Schicht 22 in den Objektbereich erhält man eine Fokusebene a , bei der Rückprojektion des der Abbildung $22b$ zugehörigen Flächenanteils der lichtempfindlichen Schicht 22 eine Fokusebene b . Wenn sich die Objektebene O in der Fokusebene a befindet, wird das Objekt auf dem lichtempfindlichen Flächenanteil $22a$ der lichtempfindlichen Schicht 22 scharf abgebildet werden, während die Abbildung auf dem lichtempfindlichen Flächenanteil $22b$ der

lichtempfindlichen Schicht 22 unscharf ist, und umgekehrt. In Fig. 1 befindet sich die Objektebene *O* in der Mitte zwischen den beiden Fokusebenen *a* und *b*, so daß die beiden Abbildungen 22*a* und 22*b* in gleichem Maße unscharf sind, wobei eine Linse 24 im Teilstrahlengang 16*b* bewirkt, daß die Teilbilder 22*a* und 22*b* gleich groß sind. Im Teilstrahlengang 16*a* kann des weiteren ein Graufilter 26 angebracht sein, welches dem Umstand Rechnung trägt, daß längs des Teilstrahlengangs 16*b* mehr Licht absorbiert wird als längs des Teilstrahlengangs 16*a*, so daß auch ein Helligkeitsabgleich der Teilbilder 22*a* und 22*b* erfolgt. Wie man aus Fig. 1 erkennt, erfolgt die Abbildung des Objekts mittels des Fokussierungsstrahlengangs 16 nicht unmittelbar auf die Flächenanteile 22*a* bzw. 22*b* der lichtempfindlichen Schicht 22, sondern über Zwischenbilder, wobei im vorliegenden Falle zwei Zwischenbilder *O'* und *O''* zur Anwendung kommen. Das Zwischenbild *O'* wird von dem Objektiv 10 und der Tubuslinse 12 erzeugt, wobei die Größe bzw. der Maßstab des vom Objekt in der Zwischenbildebene *O'* erzeugten Bildes von der Vergrößerung des Objektivs 10 abhängt. Die Lage des Zwischenbilds *O'* bleibt jedoch unverändert. Würde man die des weiteren vor dem Strahlenteiler 18 angeordneten Linsen 28 und 30 derart wählen, daß sie ein in der Zwischenbildebene *O'* erzeugtes Bild des Objekts auf die lichtempfindliche Schicht 22 abbilden würden, würden die Objektdetails in den auf den lichtempfindlichen Flächenanteilen 22*a* und 22*b* erzeugten Abbildungen entsprechend der Vergrößerung des jeweils verwendeten Objektivs unterschiedlich groß wiedergegeben werden.

Eine derartige Bildvergrößerung bewirkt jedoch, wie bereits eingangs erwähnt, eine Verflachung der Kantenkontraste, d. h., eine Verringerung der hohen Ortsfrequenzen, die beispielsweise in einer nachfolgenden Steuerungselektronik als Scharfeinstellungskriterium verwendbar sind. Zum anderen wird hierdurch, wie bereits ebenfalls vorstehend erwähnt, durch eine erhöhte Objektivvergrößerung die bildseitige Tiefenschärfe, d. h., die Tiefenschärfe im Bereich der lichtempfindlichen Schicht 22, größer, so daß auch aus diesem Grunde eine Fokussierung immer schwieriger wird. Als Gegenmaßnahme wird das Zwischenbild *O'* mittels eines Zoomsystems 32, sowie im dargestellten Beispiel eines Kollimators 34 in eine ortsfeste zweite Zwischenbildebene *O''* abgebildet. Der Kollimator 34 bewirkt, daß dem Zoomsystem 32 paralleles Licht zugeführt wird. Er bildet des weiteren die Pupille *P* des Objektivs 10 in die Pupille *P'* des Zoomsystems 32 ab. Das Zoomsystem 32 und der Kollimator 34 erzeugen somit in der Zwischenbildebene *O''* ein verkleinertes Bild des in der Zwischenbildebene *O'* erzeugten, vom Objektiv 10 vergrößert wiedergegebenen Bilds des Objekts *O*. Durch eine geeignete Wahl der Verkleinerung kann erreicht werden, daß unabhängig von der Vergrößerung des jeweils verwendeten Mikroskopobjektivs in der Zwischenbildebene *O''* ein Bild des Objekts *O* entsteht, dessen Größe sich nicht oder nur wenig verändert. Dies kann durch einen Koppelungsmechanismus 36 bewerkstelligt werden, der automatisch mit der Verstellung des Objektivrevolvers 6 die Brennweite des Zoomsystems 32 und damit dessen Vergrößerungs- bzw. Verkleinerungswirkung auf entsprechende Grundwerte einregelt, wobei ein manuell betätigbares Stellglied 38 ein gewollt unterschiedlich oder zusätzliche Brennweitenverstellung des Zoomsystems 32 ermöglicht, die in Sonderfällen, wie beispielsweise bei besonders schwachen Objektkontrasten u. U. wünschenswert ist.

Die folgende Tabelle gibt Beispiele für eine derartige Grundeinstellung wieder.

	Längsobjektiv- vergrößerung	Brennweite; Zoomsystem
5	5x/10x	80 mm
	20 x	60 mm
	50 x	30 mm
10	100 x / 150 x	18 mm

Die Kollimatorlinse hat dabei beispielsweise eine Brennweite von 70 mm, die Linse 40 eine Brennweite von 40 mm und die Linse 30 eine Brennweite von 25 mm, wenn auf einer Fernsehkamera mit 2/3" zwei identische Bilder nebeneinander erzeugt werden sollen.

Fig. 1 zeigt ferner in schematisierter Darstellung die Einspiegelung eines Musters in die Objektebene *O*. Das Muster ist im dargestellten Falle von einem Gitter 40 gebildet, das mit einem Motortrieb 41 verbunden ist, der eine Verschiebung des Gitters 40 längs der optischen Achse des Abbildungsstrahlenganges 42 ermöglicht. Das Gitter ist in einer zur Objektebene *O* konjugierten Ebene angebracht. Es wird von einer Lampe 43 über einen Kollektor 44 und einem Filter 45 beleuchtet, mittels eines halbdurchlässigen Spiegels 46 in den Strahlengang eingeblendet und über den halbdurchlässigen Spiegel 14, die Linse 12 sowie das jeweilige Objektiv 8 des Objektivrevolvers 10 in die Objektebene *O* projiziert. In Betrachtungsstrahlengang *X-X* ist eine bezüglich seiner Wellenlängendurchlässigkeit komplementäre Filter 47 angebracht. (Wenn das Filter 45 ein Langpaßfilter z. B. für 670 nm ist, dient als Filter 47 ein entsprechendes Kurzpaßfilter z. B. für 670 nm). Die Verwendung der Filter 45 und 47 verhindert, daß das auf dem Objekt *O* erzeugte Bild des Gitters 40 im Einblick des Mikroskops sichtbar wird.

Durch Auswahl einer Filterwellenlänge für das Filter 45, die im Infrarotem liegt, läßt sich der gleiche Effekt erzielen und das Filter 47 könnte entfallen. Wenn jedoch die Objektive, wie üblich, nicht für Infrarot korrigiert sind, würde dies jedoch dazu führen, daß das Gitter 40 nicht scharf abgebildet wird und je nach Objektiv 8 unterschiedliche Fokusbildlagen in der Bildebene *O''* einnahme. Dies wird durch den Motortrieb 41 ausgeglichen, welcher das Gitter 40 in Abhängigkeit von dem jeweiligen Objektiv 8, beispielsweise durch ein nicht gezeigtes durch die Verstellung des Objektivrevolvers betätigtes Stellglied entsprechend längs der optischen Achse 42 verschiebt.

Die in Fig. 4 gezeigte teilschematisierte Detaildarstellung der für die Autofokussierung verwendeten Optik-Baugruppen gilt ein praktisches Ausführungsbeispiel wieder. Die der schematischen Darstellung von Fig. 1 entsprechenden Banelemente sind mit den gleichen Bezugszeichen belegt. Daneben erkennt man einen zusätzlichen Spiegel 48 der das von der Lichtquelle 43 kommende Beleuchtungslicht auf das in der zur Objektebene konjugierten Ebene *O** belegene Gitter 40 umlenkt und eine nach dem Zoomobjektiv angebrachte Blende 50. Die Lichtquelle 43 enthält eine Reflektorlampe 49, die in einem mit Kühlrippen versehenen Lampengehäuse 51 aufgenommen ist, welches auch das Filter 45 haltet. Das komplementäre Filter 47 im Beobachtungsstrahlengang ist in dieser Detailansicht nicht dargestellt.

An die Fernsehkamera *TV* von Fig. 1 ist beispielsweise die in Fig. 2 gezeigte elektronische Schaltung ange-

schlossen. Das Ausgangssignal aus der Fernsehkamera TV gelangt in einen Eingangsverstärker A und hat die in den Signalverlaufdiagrammen der Fig. 3 unter I gezeigte Form, und zwar unter der Voraussetzung, daß sich die Objektebene O näher an einer der beiden Fokusebenen a, b befindet. Nehmen wir an, es sei dies die Fokusebene a. Dann wird die auf dem lichtempfindlichen Flächenanteil 22a erzeugte Abbildung schärfer als die auf dem lichtempfindlichen Flächenanteil 22b erzeugte Abbildung sein, so daß der über die gesamte Breite der lichtempfindlichen Schicht laufende Abtaststrahl der Fernsehkamera TV das unter I gezeigte elektrische Signal ergibt, bei dem der Oberwellenanteil sehr groß ist, solange der Abtaststrahl den lichtempfindlichen Flächenanteil 22a durchläuft, und sehr niedrig, wenn er den lichtempfindlichen Flächenanteil 22b durchläuft. Begrenzt wird so eine Abtastzeile auf beiden Seiten von den horizontalen Synchronisationssignalen, die ebenfalls in der Fig. 3 I dargestellt sind.

An den Eingangsverstärker A ist ein Hochpaßfilter B angeschlossen, der die hochfrequenten Schwingungen bevorzugt durchläßt. An diesen wiederum ist ein Nachverstärker C angeschlossen. An den elektronischen Schalter F sind in Parallelschaltung zwei elektronische Schalter G und H angeschlossen, auf die in Reihe zwei Demodulatoren D und E folgen, von denen der eine an den positiven Eingang und der andere an den negativen Eingang eines Leistungsdifferenzverstärkers I angeschlossen ist, dessen Ausgang ein Stellglied J steuert, das die Objektebene O verstellt. Zwischen dem Eingangsverstärker A und dem Hochpaßfilter B ist eine Abzweigung vorgesehen, die zu einer Einheit K für die vertikale Synchronisationserkennung führt und deren Ausgang den elektronischen Schalter F steuert. Diese Einheit K öffnet den Schalter F, solange vertikale Synchronisationsimpulse ankommen, und schließt den Schalter F während der übrigen Zeit, in der die lichtempfindliche Schicht 22 über beide Flächenanteile 22a und 22b hinweg Zeile für Zeile abgetastet wird, bis diese Fläche einmal vollständig abgetastet worden ist, so daß während der Ankunft der vertikalen Synchronisationsimpulse eine Ansteuerung des Stellmotors J ausgeschlossen ist.

Zwischen dem Eingangsverstärker A und dem Hochpaßfilter B ist auch noch eine Einheit L für die horizontale Synchronisationserkennung angeschlossen, deren Ausgang an einem Monoflop M angeschlossen ist, dessen Ausgang seinerseits zum elektronischen Schalter E und über einen weiteren Monoflop N zum elektronischen Schalter H geführt ist. Über die Einheit L wird der Monoflop M jedesmal dann angesteuert, wenn ein horizontaler Synchronisationsimpuls eingeht. Der Monoflop M schließt dann über die halbe Länge einer Abtastzeile, also solange der Abtaststrahl den Flächenanteil 22a der lichtempfindlichen Schicht 20 durchläuft, den elektronischen Schalter G, während der elektronische Schalter H offen ist, und triggert nach der vorgegebenen Zeit den Monoflop N an, wobei der elektronische Schalter G gleichzeitig geöffnet wird. Ist der Monoflop N beaufschlagt worden, schließt der Halter H die vorgestellte Zeit, nämlich über die Zeit, die zum Durchlaufen der zweiten Hälfte der Abtastzeile über die Breite des Flächenanteils 22b der lichtempfindlichen Schicht 20 hinweg benötigt wird, den elektronischen Schalter H. Die vor den Demodulatoren D und E anliegenden elektrischen Signale sehen daher aus wie es unter II und III der Fig. 3 gezeigt ist.

Aus den Demodulatoren D und E kommt ein Gleich-

spannungssignal, dessen Wert umso größer ist, je größer der Oberwellenanteil in den an die Demodulatoren D und E ankommenden elektrischen Signalen ist, d. h. im vorliegenden Beispiel, daß das Ausgangssignal des Demodulators D sehr groß ist, während das Ausgangssignal aus dem Demodulator E sehr klein ist. Die Gleichspannungen aus den Demodulatoren D und E verändern sich praktisch innerhalb einer Bildzeile nicht.

Unter IV ist in Fig. 3 die Gleichspannung aus dem Demodulator D punktiert und die Gleichspannung aus dem Demodulator E gestrichelt aufgetragen in Abhängigkeit von der Stellung der Objektebene O, wobei auch die Fokusebenen a und b angegeben sind. Liegt bspw. die Objektebene O in der Fokusebene a, dann erreicht die Gleichspannung aus dem Demodulator D ihr Maximum, während die Gleichspannung aus dem Demodulator E ihr Minimum, als praktisch Null, erreicht. Umgekehrt liegen die Verhältnisse, wenn sich die Objektebene in der Fokusebene b befindet. Der Leistungsverstärker I bildet nun das Differenzsignal zwischen der punktiert gezeichneten Spannung und der gestrichelt gezeichneten Spannung, wobei zu berücksichtigen ist, daß die eine Spannung ja am positiven und die andere Spannung am negativen Eingang anliegt, so daß sich am Ausgang des Leistungsverstärkers eine Umkehrung der Polarität ergibt. Diese Ausgangsspannung ist mit durchgehender Linie eingezeichnet. Mit Hilfe dieser Spannung kann nun einfach der als Stellmotor dienende Gleichstrommotor J beaufschlagt werden, der die Objektebene O verfährt. Der Stellmotor J wird die Stelle aufsuchen, wo die durchgezogene Spannungslinie die Abszisse kreuzt. Das ist genau in der Mitte zwischen den Fokusebenen a und b. Der Regelkreis ist somit geschlossen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Autofokussierung eines Mikroskops mit kontinuierlich oder diskontinuierlich veränderbarer Objektivvergrößerung, bei dem zwei Signale erzeugt werden, welche sich bei Vergrößerung bzw. bei Verkleinerung des Abstandes zwischen Objekt und Objektiv zumindest in einem Bereich, der benachbart zur Scharfeinstellungsebene liegt und diesen enthält, gegenläufig verändern, wobei Signale aus einer Strahlung gewonnen werden, die vom Objekt kommend durch das Objektiv hindurchgetreten ist, und wobei aus den Signalen zumindest ein Steuersignal gebildet wird, welches eine Verschiebung von Objekt und/oder Objektiv in Richtung einer optimalen Scharfeinstellung bewirkt und bei dem durch einen Wechsel in der Objektivvergrößerung bedingte Änderungen in den Signalen zumindest so weit ausgeglichen werden, daß die Autofokussierung für die jeweilige Objektivvergrößerung sichergestellt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Betrieb mit einer Auflichtbeleuchtung in die Objektebene ein Hell-Dunkel-Kontrast enthaltendes Muster projiziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster in einer zur Objektebene konjugierten Ebene angeordnet und von hinten beleuchtet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Muster ein Strich- oder Kreuzgitter verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster mit-

tels eines teildurchlässigen Spiegels oder Prismas im Abbildungsstrahlengang eingespiegelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtung des Musters nur während der Relativbewegung zwischen Objekt und Objektiv eingeschaltet wird. 5

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die Beleuchtung des Musters und zur Durchführung der Autofokussierung Licht eines Wellenlängenbereichs verwendet wird, der im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufzeichnungseinrichtung wieder ausgefiltert wird. 10

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Beleuchtung des Musters Licht mit einem Wellenlängenbereich verwendet wird, der außerhalb des für die Abbildung wirksam verwendeten Wellenlängenbereichs liegt, und daß zur Kompensation der hierdurch bedingten Brennpunktverschiebungen das Muster oder eine das Muster abbildende Optik in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Mikroskopobjektiv in eine vorbestimmte Lage verschoben wird, welche die wellenlängenbedingte Brennpunktverschiebung kompensiert. 15 20 25

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtung des Musters mit polarisiertem Licht erfolgt, das im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmeeinrichtung durch komplementäre Polarisationsfiltermittel ausgefiltert wird. 30

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale zunächst optische Signale sind, die durch opto-elektrische Wandler in elektrische Signale umgewandelt werden, und daß für den Ausgleich der durch einen Wechsel in der Objektivvergrößerung bedingten Änderungen der Signale optische Mittel verwendet werden, mit welchen eine Anpassung der optischen Signale vor der Umwandlung in elektrische Signale vorgenommen wird, und/oder daß für den Ausgleich der durch einen Wechsel in der Objektivvergrößerung bedingten Änderungen der Signale elektronische Mittel verwendet werden, welche die elektrischen Signale beeinflussen oder verarbeiten. 35 40 45

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß als optische Signale von dem Objekt zwei voneinander getrennte Abbildungen auf separaten elektro-optischen Wandlern oder auf separaten Bereichen eines elektro-optischen Wandlers erzeugt werden, wobei die durch Rückprojektion der die Abbildungen aufnehmenden Wandler oder Bereiche eines Wandlers entstehenden Fokusebenen voneinander getrennt werden und vor bzw. hinter der Scharfeinstellungsebene liegen. 50 55

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß als optische Mittel Linsen bzw. Linsensysteme verwendet werden, die bei der Formung der optischen Signale das vom Objektiv erzeugte Bild maßstäblich verändern. 60

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Mittel verwendet werden, um das vom Objektiv kommende Bild zu verkleinern.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstabsveränderung stufenweise durchgeführt wird. 65

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder

12, dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstabsveränderung kontinuierlich durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstabsveränderung gekoppelt mit der Veränderung der Objektivvergrößerung erfolgt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstabsveränderung nach einem Herausführen der optischen Signale aus dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Mittel zur Maßstabsveränderung vor Aufspaltung in zwei voneinander getrennte optische Signale verwendet werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Signale vor Bildung der voneinander getrennten Abbildungen zumindest bei Einnahme des optimalen Fokussierungszustandes bildgrößen- und helligkeitsmäßig abgeglichen werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß zur Grobfokussierung der Helligkeit der beiden Abbildungen verwendet wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zur Feinfokussierung die einem hohen Ortsfrequenzbereich des Objekts entsprechenden Inhalte der Signale verwendet werden.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß als elektro-optische Wandler zumindest eine TV-Aufnahmeverrichtung verwendet wird.

22. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die getrennten Abbildungen benachbart zueinander auf zumindest einem TV-Bildschirm wiedergegeben werden.

23. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß von dem Objekt Teilbilder in unterschiedlichen Maßstäben nebeneinander oder überlagert auf eine Detektorvorrichtung abgebildet werden.

24. Mikroskop mit kontinuierlich oder diskontinuierlich variierbarer Objektivvergrößerung mit einem Autofokussierungssystem, dessen Strahlengang das Objektiv durchsetzt, zwischen Objektiv und Okular aus dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops herausgeführt ist, und zu zumindest einer foto-elektrischen Detektorvorrichtung führt, bei welchem in dem Strahlengang des Autofokussierungssystems zumindest ein optisches System eingebracht oder einbringbar ist, das bei einer Änderung der Objektivvergrößerung eine Maßstabsänderung des zumindest einen auf der Detektorvorrichtung erzeugten Bildes ermöglicht oder bewirkt, dadurch gekennzeichnet, daß in einer zur Objektebene konjugierten Ebene ein Hell-Dunkel-Kontraste enthaltendes Muster angeordnet ist, das mittels einer Beleuchtungsquelle und eines im Strahlengang angeordneten teildurchlässigen Spiegels oder Prismas in die Objektebene projizierbar ist. 55

25. Mikroskop nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster im Abbildungsstrahlengang eingespiegelt wird.

26. Mikroskop nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster ein Strich- oder Kreuzgitter ist.
27. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungsquelle einen bestimmten Wellenlängenbereich aufweist oder daß ein selektives Farbfilter vor dem Muster angeordnet ist, und daß in den Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmevorrichtung ein komplementäres Farbfilter angebracht ist.
28. Mikroskop nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß in Richtung der Lichtausbreitung gesehen vor dem Muster ein Langpaßfilter und im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmevorrichtung ein korrespondierendes Kurzpaßfilter eingebracht ist.
29. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß in Richtung der Lichtausbreitung gesehen vor dem Muster ein Polarisationsfilter und in dem Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder der Aufnahmevorrichtung ein komplementäres Polarisationsfilter angebracht ist.
30. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter oder eine Linse, welche das Gitter abbildet, längs des Projektionsstrahlenganges verschiebbar angeordnet ist und mit einer Stellvorrichtung in Wirkverbindung steht, welche eine Verschiebung des Gitters in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Mikroskopobjektiv bewirkt.
31. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß das zumindest eine optische System ein Zoomsystem enthält.
32. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß das zumindest eine optische System eine Reihe von in den Strahlengang des Fokussierungssystems einbringbaren Linsen oder festen Linsensystemen enthält.
33. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 32 gekennzeichnet durch einen Kopplungsmechanismus, welcher bewirkt, daß bei einem Objektwechsel oder einer Änderung der Objektvergrößerung die Brennweite des zumindest einen in den Strahlengang des Autofokussierungssystems eingebrachten oder einbringbaren optischen Systems entsprechend variiert wird.
34. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Kopplungsmechanismus für jede Vergrößerung des Objektivs eine entsprechende Grundeinstellung der Brennweite bewirkt und eine manuelle Eingriffsmöglichkeit bietet.
35. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 34, mit Auflicht- und/oder Durchlichtbeleuchtung und zwei Detektoreinrichtungen, welche derart angeordnet sind, daß ihre Rückprojektionen mittels der Optiken des Autofokussierungssystems und des Objektivs in voneinander getrennten Fokusebenen benachbart zur Scharfeinstellungsebene des Objektivs liegen, dadurch gekennzeichnet, daß das optische System zur Erzeugung einer Maßstabsänderung der auf den Detektoreinrichtungen erzeugten Abbildungen des Objekts in einem Bereich des Fokussierungsstrahlengangs angebracht oder anbringbar ist, der von den zu den beiden Detektoreinrichtungen verlaufenden Strahlenbündeln ge-

meinsam durchlaufen wird.

36. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 34, mit Auflicht- und/oder Durchlichtbeleuchtung und zwei Detektoreinrichtungen, welche derart angeordnet sind, daß ihre Rückprojektionen mittels der Optiken des Autofokussierungssystems und des Objektivs in voneinander getrennten Fokusebenen benachbart zur Scharfeinstellungsebene des Objekts liegen, dadurch gekennzeichnet, daß je ein optisches System zur Erzeugung einer Maßstabsänderung der auf den Detektoreinrichtungen erzeugten Abbildungen des Objekts in dem separat zu der jeweiligen Detektoreinrichtung führenden Bereich des Strahlengangs angebracht oder anbringbar ist.

37. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops eine Strahlenteiler Vorrichtung derart angebracht ist, daß von dem hierdurch ausgelenkten Fokussierungsstrahlenbündel ein Zwischenbild des Objekts erzeugt wird, welches mit Hilfe des zumindest einen optischen Systems im Maßstab verändert und direkt oder über ein weiteres Zwischenbild auf die Detektoreinrichtungen abgebildet wird.

38. Mikroskop nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem zumindest einen optischen System ein Kollimator derart vorgeschaltet ist, daß er die Pupille des Mikroskopobjektivs in die Pupille des zugehörigen optischen Systems abbildet.

39. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß als Detektoreinrichtungen zumindest eine TV-Aufnahmeeinrichtung dient, an die elektronische Signalverarbeitungsmittel angeschlossen sind, welche die Verschiebung des Objektisches und/oder des jeweiligen Mikroskopobjektivs steuern, bis eine optimale Fokussierung erreicht ist, und daß gegebenenfalls zumindest ein Bildschirm angeschlossen ist.

R 4564-D_I

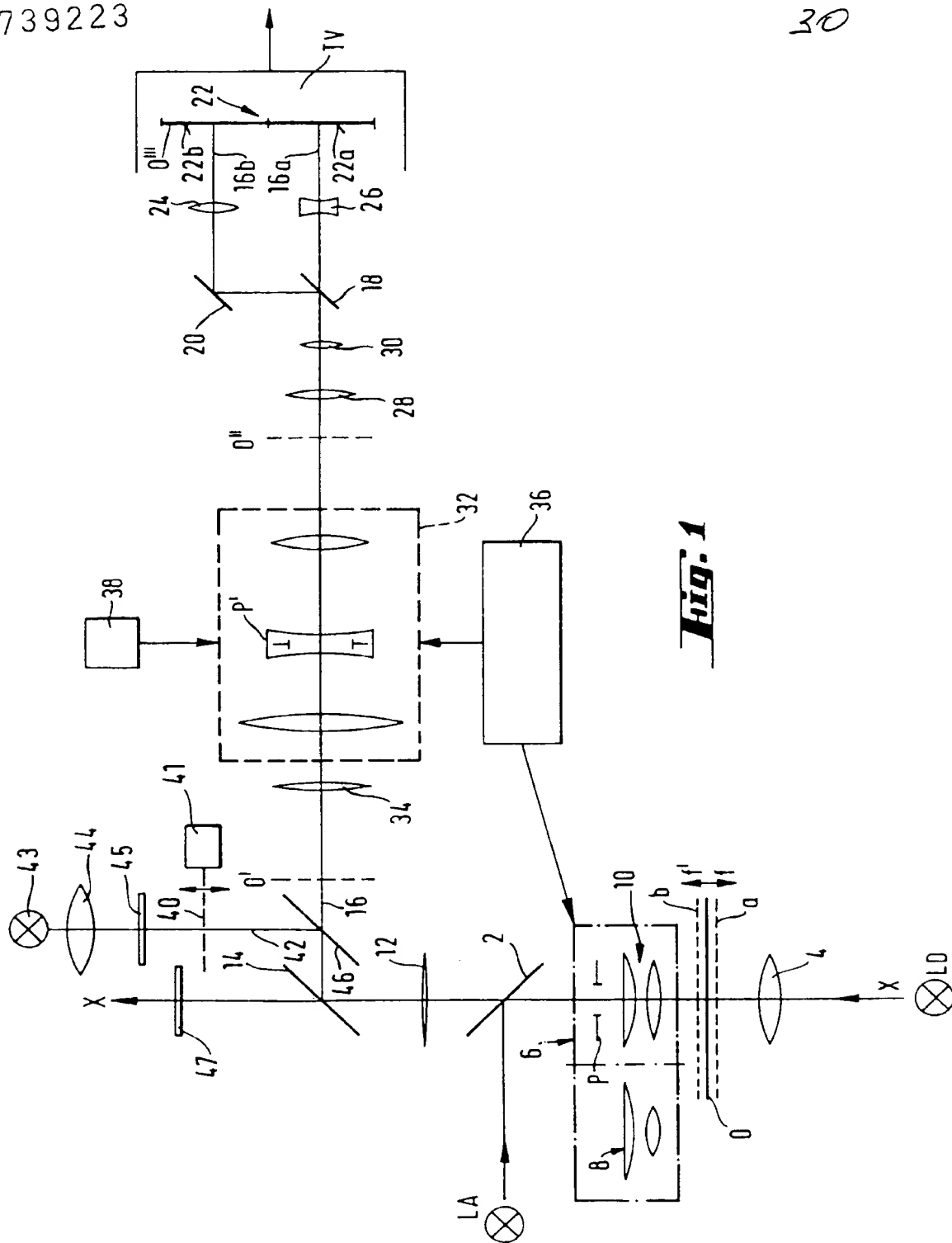
Nummer:
Int. Cl. 4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

30 1
37 39 223
G 02 B 7/11
19. November 1987
1. Juni 1989

1/4

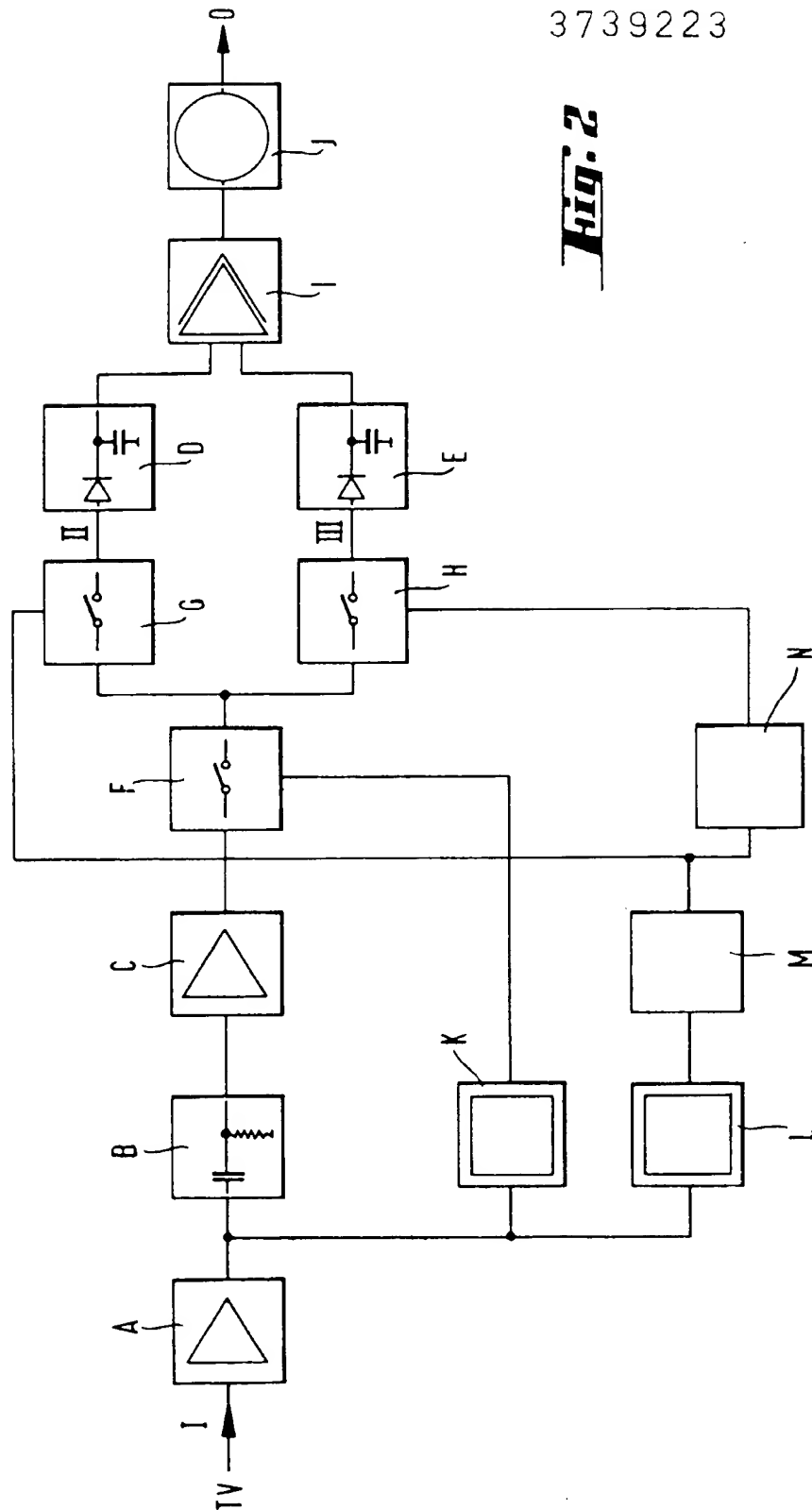
3739223

30



3739223

Fig. 2



Patent

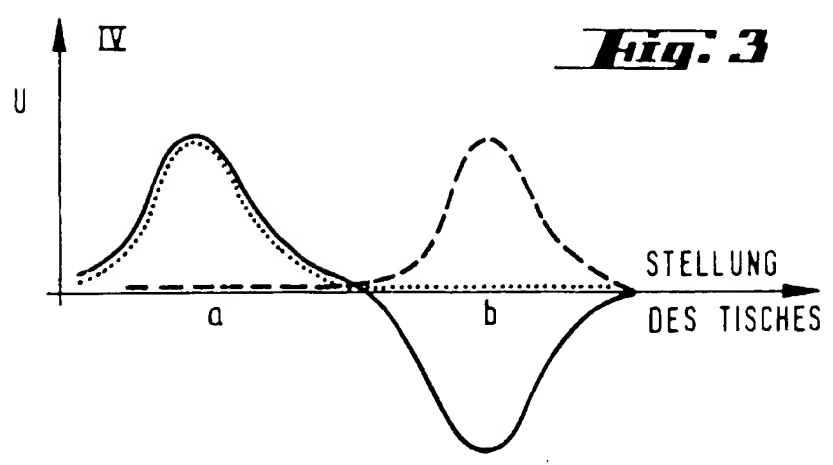
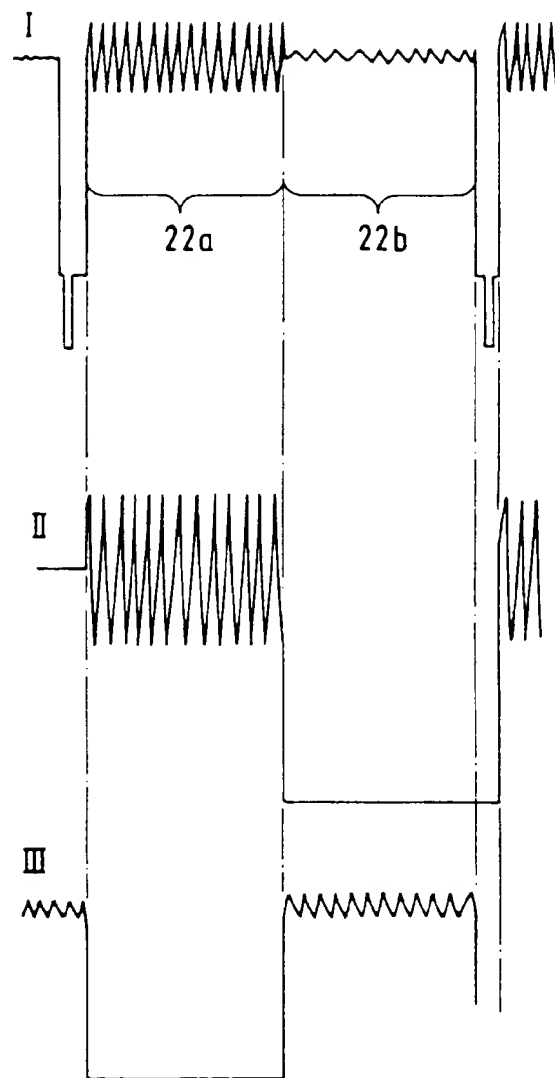
1934

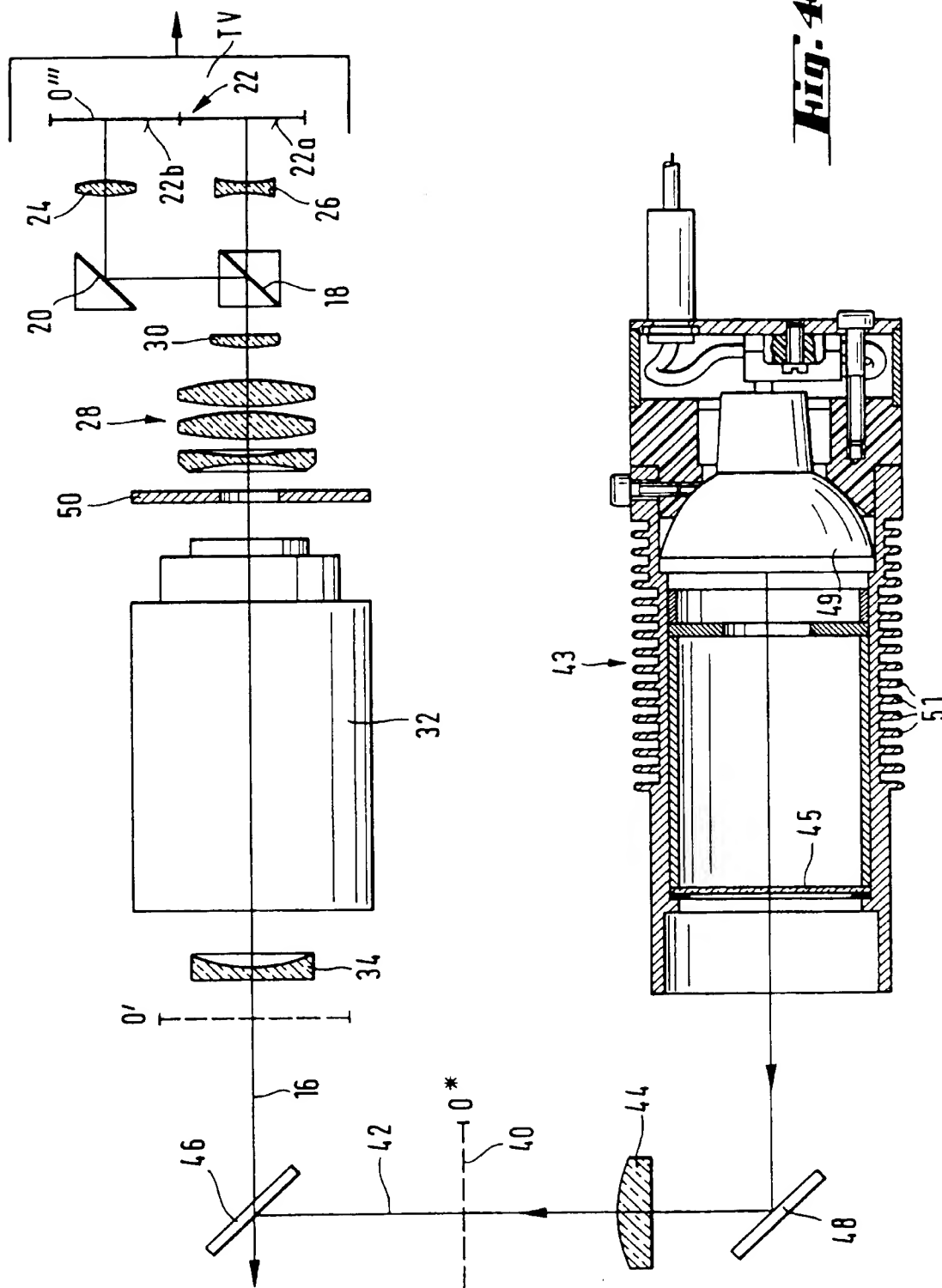
U.S. PATENT OFFICE

3/4

3739223

32





①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 37 39 223 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 37 39 223.9
㉑ Anmeldetag: 19. 11. 87
㉒ Offenlegungstag: 1. 6. 89

㉓ Int. Cl. 4:
G 02 B 7/11
G 02 B 21/18
G 02 B 21/24
H 01 L 21/66

DE 37 39 223 A 1

㉔ Anmelder:
Reichert-Jung Optische Werke AG, Wien, AT

㉕ Vertreter:
Diehl, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 8000 München;
Glaeser, J., Dipl.-Ing., 2000 Hamburg; Hittl, E.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Burger, E., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 8000 München

㉖ Erfinder:
Bierleutgeb, Fritz, Wien, AT

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉗ Verfahren zur Autofokussierung von Mikroskopen und Mikroskope mit einer Autofokussierung

In einem Mikroskop mit kontinuierlich oder diskontinuierlich variierbarer Objektivvergrößerung ist ein Autofokussierungssystem vorgesehen, dessen Strahlengang das Objektiv durchsetzt, zwischen Objektiv und Okular aus dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops herausgeführt ist, und zu zumindest einer foto-elektrischen Detektorvorrichtung führt. In dem Strahlengang des Autofokussierungssystems ist zumindest ein optisches System eingebracht oder einbringbar, das bei einer Änderung der Objektivvergrößerung eine Maßstabsänderung des zumindest einen auf der Detektorvorrichtung erzeugten Bildes ermöglicht oder bewirkt. Das zumindest eine optische System kann ein Zoomsystem sein oder eine Reihe von in den Strahlengang des Fokussierungssystems einbringbaren Linsen oder festen Linsensystemen. Durch einen Koppelungsmechanismus wird bewirkt, daß bei einem Objektivwechsel oder einer Änderung der Objektivvergrößerung die Brennweite des zumindest einen in den Strahlengang des Autofokussierungssystems eingebrachten oder einbringbaren optischen Systems entsprechend variiert wird. In die Objektebene ist des weiteren ein Hell-Dunkel-Kontrast enthaltendes Muster projiziert, das im Auflichtbetrieb bei geringen Objektkontrasten ein sicheres Auffinden der optimalen Scharfeinstellung sicherstellt.

DE 37 39 223 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Autofokussierung eines Mikroskops mit kontinuierlich oder diskontinuierlich veränderbarer Objektivergrößerung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft des weiteren ein Mikroskop mit kontinuierlich oder diskontinuierlich variierbarer Objektivergrößerung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 24.

Bei mikroskopischen Untersuchungen ist vielfach notwendig, rasch zwischen verschiedenen Vergrößerungen wechseln zu können, wobei Objektive zur Anwendung kommen, deren Vergrößerung über weite Bereiche variiert, beispielsweise von $5\times$ bis $150\times$ und darüber. Da derartige Mikroskope auch zur Überwachung in der Produktion, d. h. zu Routineuntersuchungen, beispielsweise bei der Waverherstellung, in großem Maße Anwendung finden, und der visuelle Fokussierungsvorgang für die Bedienungsperson äußerst ermüdend ist, wird in verstärktem Maße versucht, Autofokussierungssysteme zum Einsatz zu bringen, die rasch eine automatische und in Einzelfällen auch genauere Scharfeinstellung auf das Objekt ermöglichen, als dies visuell möglich wäre. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die herkömmlichen Autofokussierungssysteme, insbesondere wenn sie mit einer Strahlung arbeiten, die eine Beschädigung oder Veränderung der zu beobachtenden Halbleiterplättchen ausschließt, überfordert sind, wenn die Objektivergrößerung in einem größeren Bereich variiert, wie er beispielsweise vorstehend angegeben wurde. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, daß bei zunehmender Vergrößerung im Objekt enthaltene oder auf dem Objekt erzeugte Strukturen bezüglich des Kantenkontrastes verwaschen werden, was zu einer zunehmenden Ungenauigkeit führt, wenn dieser Kontrast oder daraus abgeleitete Größen, wie der Gehalt an hohen Ortsfrequenzen, zur Scharfeinstellung herangezogen werden. Ein weiteres Problem ist nach Erkenntnis der Anmelderin darin zu sehen, daß mit steigender Vergrößerung bildseitig die Tiefenschärfe zunimmt, und zwar mit dem Quadrat der Vergrößerung des Objektivs, was in einem erheblichen Maße zu dem zum Teil unerklärlichen Versagen der herkömmlichen Autofokussierungssysteme bei unterschiedlicher Vergrößerung beitragen dürfte. Die Anmelderin hat daher ein in der Patentanmeldung P 37 07 487.4 beschriebenes Verfahren zur Autofokussierung und ein Mikroskop mit einer Autofokussierung geschaffen, welche in der Lage sind, auch bei stark differierenden Objektivergrößerungen eine sichere und optimale automatische Scharfeinstellung auf das Objekt zu ermöglichen. Es hat sich jedoch gezeigt, daß diese Art der Autofokussierung nur dann vollständig funktioniert, wenn am Objekt genügend Details sichtbar sind. Insbesondere bei Auflichtverfahren ist es oft notwendig, Objektstellen mit wenig Details (beispielsweise Waver in der Elektronikindustrie in einem ersten Beschichtungsstadium) oder im Extremfall sogar reine Oberflächen Spiegel zu fokussieren.

Aber auch dann, wenn genügend Details sichtbar sind, kann es vorkommen, daß bei schneller Bewegung des Objektstisches bei gleichzeitig starker Objektivergrößerung das Bild so schnell durch die optimale Scharfeinstellung fährt, daß es von der Elektronik nicht mehr als scharf oder unscharf wahrgenommen werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde das eingangs beschriebene Autofokussierungssystem dahingehend weiter zu entwickeln, daß es insbesondere beim Auflichtbetrieb auch bei Objekten

die selbst nur geringe Details aufweisen eine sichere Scharfeinstellung gewährleistet. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gelöst, wie es im Anspruch 1 wiedergegeben ist, sowie durch ein Mikroskop gemäß Anspruch 24. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben. Das auf das Objekt projizierte Muster erzeugt dort ein Bild, welches reflektiert wird und zur Scharfeinstellung verwendet wird. Der hier verwendete Begriff "Signale" umfaßt sowohl optische als auch elektrische Signale, wobei in dem Autofokussierungssystem zunächst optische Signale entstehen, welche durch elektro-optische Wandler in elektrische Signale umgewandelt werden, die einer elektronischen Weiterverarbeitung unterzogen werden können, und nach ihrer Weiterverarbeitung zumindest ein Steuersignal liefern, welches eine Verschiebung von Objekt und/oder Objektiv in Richtung auf die optimale Scharfeinstellung in an sich bekannter Weise, beispielsweise über entsprechende Elektromotore und -antriebe, bewirken kann.

Das Muster wird bevorzugt in einer zur Objektebene konjugierten Ebene angeordnet und von hinten beleuchtet, wobei als Muster mit Vorteil ein Strich- oder Kreuzgitter verwendet wird. Die Einspiegelung des Musters erfolgt zweckmäßigerweise mittels eines teildurchlässigen Spiegels oder Prismas der im Abbildungsstrahlengang angebracht ist. Damit insbesondere bei Dunkelfeldbeleuchtung das dem Objekt im Einblick des Mikroskops überlagerte Bild des Musters nicht stört wird die Beleuchtung des Musters nur während der Relativbewegung zwischen Objekt und Objektiv eingeschaltet. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, für die Beleuchtung des Musters und zur Durchführung der Autofokussierung Licht eines Wellenlängenbereichs zu verwenden, der im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufzeichnungseinrichtung wieder ausgefiltert wird, für den jedoch die Optiken korrigiert sind. Besonders zweckmäßig ist es, wenn zur Beleuchtung des Musters Licht mit einem Wellenlängenbereich verwendet wird, der außerhalb des für die Abbildung wirksam verwendeten Wellenlängenbereiches liegt, und zur Kompensation der hierdurch bedingten Brennpunktverschiebungen das Muster oder eine das Muster abbildende Optik in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Mikroskopobjektiv in eine vorbestimmte Lage verschoben wird, welche die wellenlängenbedingte Brennpunktverschiebung kompensiert.

Gemäß einer alternativen Lösung erfolgt die Beleuchtung des Musters mit polarisiertem Licht, das im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmeeinrichtung durch komplementäre Polarisationsfiltermittel ausgefiltert wird.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung werden bevorzugt für den Ausgleich der durch einen Wechsel in der Objektivergrößerung bedingten Änderungen der Signale optische Mittel verwendet, mit welchen die optischen Signale vor ihrer Umwandlung in elektrische Signale eine Anpassung erfahren. Alternativ oder zusätzlich hierzu können für den Ausgleich der durch einen Wechsel in der Objektivergrößerung bedingten Änderungen der Signale elektronische Mittel eingesetzt werden, welche die elektrischen Signale beeinflussen oder verarbeiten, wie beispielsweise Gradationsverstärkungen oder Verschiebungen im Frequenzverhalten elektrischer Filter, Integratorschaltungen usw. Die praktische Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß die optischen Mittel die Wirksamkeit zeigen. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform

des erfindungsgemäßen Verfahrens werden als optische Signale von dem Objekt zwei voneinander getrennte Abbildungen auf separaten elektro-optischen Wandlern oder auf separaten Bereichen eines elektro-optischen Wandlers erzeugt, wobei die durch Rückprojektion der die Abbildungen aufnehmenden Wandler oder Bereiche eines Wandlers entstehenden Fokusebenen voneinander getrennt und vor bzw. hinter der Scharfeinstellungsebene für das Objekt liegen. Der besondere Vorteil dieses Verfahrens ist darin zu sehen, daß es bei Auf- und Durchlichtbeleuchtung in gleicher Weise anwendbar ist. Mit Vorteil werden als optische Mittel Linsen bzw. Linsensysteme verwendet, die bei der Formung der optischen Signale das vom Objektiv erzeugte Bild maßstäblich verändern, und insbesondere eine Verkleinerung desselben bewirken, damit die Stufenkontraste erhöht und die bildseitige Tiefenschärfe verringert wird. Gemäß einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Maßstabsveränderung stufenweise durchgeführt, indem beispielsweise entsprechend dem jeweils verwendeten Objektiv eine zugehörige Linse oder ein zugehöriges Linsensystem in den Fokussierungsstrahlengang eingeschwenkt wird, wobei die Linsen oder Linsensysteme, beispielsweise auf einem Revolver, angeordnet sein können.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Maßstabsveränderung jedoch kontinuierlich mittels eines Zoomobjektivs, das in den Strahlengang des Fokussierungssystems eingesetzt ist. Die Vergrößerung des Objektivs kann hierdurch zumindest soweit aufgehoben werden, daß der nachteilige Einfluß der bildseitigen Tiefenschärfenzunahme eliminiert werden kann, und daß für die vergrößerungsbedingten Verflachungen der Kantenkontraste bei starken Vergrößerungen soweit reduziert werden, daß bei einem Vergleich der zur Scharfeinstellung herangezogenen Referenzsignale ein sicheres Unterscheidungskriterium erreichbar ist.

Zweckmäßigerweise erfolgt die Maßstabsveränderung gekoppelt mit der Veränderung der Objektivvergrößerung und automatisch, wobei jedoch eine manuelle Beeinflussung vorgenommen werden kann, die u. U. bei schwachen Bildkontrasten notwendig ist, um einen von dem Autofokussierungssystem verwertbaren Kontrastbereich herauszugreifen.

Bei der praktischen Durchführung des Verfahrens hat es sich als besonders zweckmäßig erwiesen, wenn die Maßstabsveränderung nach einer Herausführung der optischen Signale aus dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops erfolgt, um letzteren nicht nachteilig zu beeinflussen. Mit Vorteil werden dabei die optischen Mittel zur Maßstabsänderung vor Aufspaltung in zwei voneinander getrennte optische Signale verwendet. Als zweckmäßig hat es sich des weiteren erwiesen, wenn die optischen Signale vor der Bildung der voneinander getrennten Abbildungen zumindest bei Einnahme des optimalen Fokussierungszustandes bildgrößen- und helligkeitsmäßig abgeglichen werden, d. h. wenn man bei Einnahme des optimalen Fokussierungszustandes gleich große und gleich helle Abbildungen erhält, was normalerweise aufgrund der unterschiedlichen Abbildungsverhältnisse und der unterschiedlichen Anzahl von Reflexionen oder der unterschiedlichen Anzahl von durchlaufenen Glasflächen nicht unbedingt der Fall ist. Einfache, in einem der Strahlengänge angebrachte Sammel- bzw. Zerstreuungslinsensysteme bzw. entsprechende Graufilter ermöglichen ohne großen Aufwand die Durchführung dieser Maßnahmen.

Insbesondere nach einem derartigen Abgleich der beiden für die Fokussierung verwendeten Signale läßt sich zur Grobfokussierung die Helligkeit der beiden Abbildungen verwenden, ein Kriterium, das beispielsweise auch dann wirksam ist, wenn die Rückprojektionen der beiden Abbildungen in den Objektraum den eigentlichen Scharfeinstellungsbereich nicht einschließen.

Zumindest für die Feinfokussierung werden die einen hohen Ortsfrequenzbereich entsprechenden Inhalte der Signale verwendet, welche optisch durch entsprechende Gitter oder elektrisch durch entsprechende Filter herausgegriffen werden können. Als elektro-optischer Wandler wird vorzugsweise zumindest eine TV-Aufnahmevorrichtung verwendet, wobei die getrennten Abbildungen mit Vorteil benachbart zueinander auf zumindest einem TV-Bildschirm wiedergegeben werden. Dieser erlaubt eine visuelle Kontrolle der Scharfeinstellung und läßt daneben erkennen, ob eine bezüglich der Autofokussierung günstige, d. h. kontrastreiche, Stelle des Objekts verwendet ist, die eine Verschiebung des Objekts oder eine Maßstabsänderung im Autofokussierungssystem angebracht erscheinen läßt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden von dem Objekt Teilbilder in unterschiedlichen Maßstäben nebeneinander oder überlagert auf eine Detektorvorrichtung abgebildet, wobei die Auswertelektronik die Scharfeinstellung anhand des hierfür geeignetsten Ortsfrequenzbereichs bewirkt, der den Teilbildern zu entnehmen ist.

Das erfindungsgemäße Mikroskop nach dem Anspruch 24 bewirkt, daß nicht nur bei stark wechselnder Objektivvergrößerung, sondern auch bei schwachen Objektivkontrasten eine sichere und exakte automatische Fokussierung bewirkt werden kann. Die Beleuchtungsquelle, welche das Muster beleuchtet, weist bevorzugt einen bestimmten Wellenlängenbereich auf oder es ist ein selektives FarbfILTER vor dem Muster angeordnet und es ist in den Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmevorrichtung z. B. einer Photokamera, einem Videoaufnahmegerät oder Filmkameras ein komplementäres FarbfILTER angebracht. Vorzugsweise ist daher in Richtung der Lichtausbreitung gesehen vor dem Muster ein Langpaßfilter und im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmevorrichtung ein korrespondierendes Kurzpaßfilter eingebracht. Als alternative Lösung kann in Richtung der Lichtausbreitung gesehen vor dem Muster ein Polarisationsfilter und in dem Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder der Aufnahmevorrichtung ein komplementäres Polarisationsfilter angebracht sein.

Als zweckmäßig hat es sich ferner erwiesen, wenn das Gitter oder eine Linse, welche das Gitter abbildet, längs des Projektionsstrahlenganges verschiebbar angeordnet ist und mit einer Stellvorrichtung in Wirkverbindung steht, welche eine Verschiebung des Gitters in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Mikroskopobjektiv bewirkt. Vorzugsweise enthält das optische System, welches im Autofokussierungssystem die Maßstabsänderung bewirkt, ein Zoomsystem, das prinzipiell jedoch auch durch eine Reihe von in den Strahlengang separat einbringbaren Linsen und Linsensystemen ersetzt sein kann, die beispielsweise auf einem Revolver angeordnet sind. Zweckmäßigerweise ist ein Kopplungsmechanismus vorgesehen, welcher bewirkt, daß bei einem Objektwechsel oder bei einer Änderung der Objektivvergrößerung die Brennweite des in den Strahlengang des Autofokussierungssystems eingebrachten oder ein-

bringbaren zumindest einen optischen Systems entsprechend variiert wird. Eine, insbesondere bei schlechten Kontrasten, u. U. notwendige Nachjustierung läßt sich besonders einfach bewerkstelligen, wenn der Kopplungsmechanismus für jede vorgegebene Vergrößerung des Objektivs eine entsprechende Grundeinstellung der Brennweite für das zumindest eine optische System bewirkt und daneben eine manuelle Eingriffsmöglichkeit zur Brennweitenverstellung bietet.

Gemäß einer baulich besonders einfachen Ausführungsform eines Mikroskops mit Auflicht- und/oder Durchlichtbeleuchtung und zwei Detektoreinrichtungen, welche derart angeordnet sind, daß ihre Rückprojektionen mittels der Optiken des Autofokussierungssystems und des Objektivs in voneinander getrennten Fokusebenen benachbart zur Scharfeinstellungsebene des Objekts liegen, wird das optische System zur Erzeugung einer Maßstabsänderung der auf den Detektoreinrichtungen erzeugten Abbildungen des Objekts in einen Bereich des Fokussierungsstrahlengangs angeordnet oder ist in diesem anbringbar, welcher von den zu den beiden Detektoreinrichtungen verlaufenden Strahlenbündeln gemeinsam durchlaufen wird. In einer alternativen Ausgestaltung dieses Mikroskops wird je ein optisches System zur Erzeugung einer Maßstabsänderung der auf den Detektoreinrichtungen erzeugten Abbildungen des Objekts in dem separat zu der jeweiligen Detektoreinrichtung führenden Bereich des Strahlengangs angebracht. Die beiden den Detektoreinrichtungen zugeordneten optischen Systeme können unterschiedlich ausgebildet sein, und zwar möglichst derart, daß sie gleichzeitig einen Hellabgleich und/oder einen Größenabgleich im Zustand der Scharfeinstellung sicherstellen. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist in dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops eine Strahlenteilervorrichtung derart angebracht, daß von dem hierdurch ausgelenkten Fokussierungsstrahlenbündel ein Zwischenbild des Objekts erzeugt wird, welches mit Hilfe des zumindest einen optischen Systems im Maßstab verändert direkt oder über ein weiteres Zwischenbild auf die Detektoreinrichtungen abgebildet wird. Mit Vorteil ist dem optischen System ein Kollimator derart vorgeschaltet, daß der die Pupille des Mikroskopobjektivs in die Pupille des zugehörigen optischen Systems abbildet. Für die Detektoreinrichtungen wird vorzugsweise zumindest eine TV-Aufnahmeeinrichtung verwendet, auf der aneinander angrenzend, vorzugsweise nebeneinander, zwei in der Größe identische Bilder des Objekts gebildet werden, die bei optimaler Fokussierung gleich hell und gleich unscharf sind. An die TV-Aufnahmeeinrichtung sind elektronische Signalverarbeitungsmittel angeschlossen, welche die Verschiebung des Objektisches und/oder des Mikroskopobjektivs steuern, bis eine optimale Fokussierung erreicht ist. Zur visuellen Beobachtung kann ein Bildschirm angeschlossen sein.

Bei Verwendung einer einzigen TV-Aufnahmeeinrichtung, welche beide Abbildungen erfaßt, ist eine elektronische Schaltung mit einem Differenzverstärker angeschlossen, wobei ein Umschalter nach jedem Abtastintervall der TV-Aufnahmeeinrichtung, das gleich der Breite einer der auf der Aufnahmeleitung selbst erzeugten Abbildungen ist, das gegebenenfalls aufbereitete Signal aus der Aufnahmeeinrichtung auf den jeweils anderen Eingang des Differenzverstärkers umschaltet.

Die Elektronik ist des weiteren vorzugsweise so ausgelegt, daß Änderungen in den Signalen, die auf die Relativbewegung zwischen Objekt und Objektiv wäh-

rend des Fokussierungsvorganges zurückzuführen sind, zu keiner Verfälschung der Meßergebnisse führen.

Die beiliegenden Zeichnungen eines Ausführungsbeispiels dienen der weiteren Erläuterung der Erfindung:

Fig. 1 zeigt schematisch den Strahlengang eines erfindungsgemäßen Mikroskops mit Autofokussierung;

Fig. 2 zeigt eine elektronische Schaltung, die an die in **Fig. 1** gezeigte Fernsehkamera anzuschließen ist;

Fig. 3 zeigt Signalverläufe, die sich bei der Schaltung der **Fig. 2** ergeben.

Fig. 4 zeigt eine Detailansicht aus dem in **Fig. 1** gezeigten Strahlengang von einer praktischen Ausführungsform des Mikroskops.

In **Fig. 1** sind schematisch die wichtigsten Bereiche des Strahlengangs eines Mikroskops und dessen Autofokussierungssystems dargestellt. Die optische Achse des Mikroskops ist mit $X-X$ bezeichnet. Mit O ist eine längs der optischen Achse $X-X$ des Mikroskops, wie durch die Pfeile $f-f'$ angedeutet, verstellbare Objektenebene bezeichnet. Das Mikroskop ist für Auflicht- und Durchlichtbeleuchtung ausgerichtet. Im Falle einer Auflichtbeleuchtung wird Licht, das von einer Lichtquelle LA herkommt, über einen halbdurchlässigen Spiegel 2 in den Strahlengang $X-X$ eingespiegelt. Im Falle einer Durchlichtbeleuchtung fällt Licht, das von einer Lichtquelle LD herkommt, nach Durchlaufen eines Kondensors 4 ebenfalls auf die Objektenebene O . In einem lediglich schematisch angedeuteten Objektivrevolver 6 ist eine Reihe von Objektiven mit unterschiedlicher Vergrößerung derart gehalten, daß diese bei Drehen des Revolvers 6 aufeinanderfolgend in den Strahlengang $X-X$ einbringbar sind. Aus Gründen der Vereinfachung sind lediglich zwei Objektive dargestellt, von denen das Objektiv 8 nicht im Strahlengang und das Objektiv 10 im Strahlengang angeordnet ist. Die Fokussierung erfolgt durch Verschiebung der Objektenebene O in Richtung der Pfeile f bzw. f' . Mit P ist die Pupille des Objektivs 10 bezeichnet. In dem vom Objektiv 10 zu einem nicht gezeigten Okular oder Binotubus führenden Strahlengang, ist eine Tubuslinse 12 angebracht, sowie anschließend an diese ein halbdurchlässiger Spiegel 14 , der ein Fokussierungsstrahlenbündel aus dem Strahlengang $X-X$ auslenkt, dessen optische Achse durch das Bezugszeichen 16 angedeutet ist und er zu einer mit TV bezeichneten Fernsehkamera führt. Im letzten Bereich vor der Fernsehkamera TV ist der Strahlengang 16 durch einen Teilerspiegel in zwei Teilstrahlen $16a$ und $16b$ aufgespalten, wobei der Teilstrahl $16b$ durch einen Umlenkspiegel 20 derart umgelenkt wird, daß er parallel zum Teilstrahl $16a$ verläuft. Beide Teilstrahlen $16a$ und $16b$ treffen auf eine lichtempfindliche Schicht 22 der Fernsehkamera auf, bei der die Aufnahmelinse entfernt ist. Die Teilstrahlen $16a$ und $16b$ erzeugen auf der lichtempfindlichen Schicht 22 als Bildebene O'' zwei Abbildungen $22a$ und $22b$ eines in der Objektenebene O befindlichen Objektes. Die Anordnung ist dabei derart getroffen, daß die Abbildungen $22a$ und $22b$ möglichst eng aneinanderliegen, sich aber nicht überlappen. Bei einer Rückprojektion des zur Abbildung $22a$ gehörigen Flächenanteils der lichtempfindlichen Schicht 22 in den Objektbereich erhält man eine Fokusebene a , bei der Rückprojektion des der Abbildung $22b$ zugehörigen Flächenanteils der lichtempfindlichen Schicht 22 eine Fokusebene b . Wenn sich die Objektenebene O in der Fokusebene a befindet, wird das Objekt auf dem lichtempfindlichen Flächenanteil $22a$ der lichtempfindlichen Schicht 22 scharf abgebildet werden, während die Abbildung auf dem lichtempfindlichen Flächenanteil $22b$ der

lichtempfindlichen Schicht 22 unscharf ist, und umgekehrt. In Fig. 1 befindet sich die Objektebene *O* in der Mitte zwischen den beiden Fokusebenen *a* und *b*, so daß die beiden Abbildungen 22a und 22b in gleichem Maße unscharf sind, wobei eine Linse 24 im Teilstrahlengang 16b bewirkt, daß die Teilbilder 22a und 22b gleich groß sind. Im Teilstrahlengang 16a kann des weiteren ein Graufilter 26 angebracht sein, welches dem Umstand Rechnung trägt, daß längs des Teilstrahlengangs 16b mehr Licht absorbiert wird als längs des Teilstrahlengangs 16a, so daß auch ein Helligkeitsabgleich der Teilbilder 22a und 22b erfolgt. Wie man aus Fig. 1 erkennt, erfolgt die Abbildung des Objekts mittels des Fokussierungsstrahlengangs 16 nicht unmittelbar auf die Flächenanteile 22a bzw. 22b der lichtempfindlichen Schicht 22, sondern über Zwischenbilder, wobei im vorliegenden Falle zwei Zwischenbilder *O'* und *O''* zur Anwendung kommen. Das Zwischenbild *O'* wird von dem Objektiv 10 und der Tubulinse 12 erzeugt, wobei die Größe bzw. der Maßstab des vom Objekt in der Zwischenbildebene *O'* erzeugten Bildes von der Vergrößerung des Objektivs 10 abhängt. Die Lage des Zwischenbilds *O'* bleibt jedoch unverändert. Würde man die des weiteren vor dem Strahlenteiler 18 angeordneten Linsen 28 und 30 derart wählen, daß sie ein in der Zwischenbildebene *O'* erzeugtes Bild des Objekts auf die lichtempfindliche Schicht 22 abbilden würden, würden die Objektdetails in den auf den lichtempfindlichen Flächenanteilen 22a und 22b erzeugten Abbildungen entsprechend der Vergrößerung des jeweils verwendeten Objektivs unterschiedlich groß wiedergegeben werden.

Eine derartige Bildvergrößerung bewirkt jedoch, wie bereits eingangs erwähnt, eine Verflachung der Kantenkontraste, d. h., eine Verringerung der hohen Ortsfrequenzen, die beispielsweise in einer nachfolgenden Steuerungselektronik als Scharfeinstellungskriterium verwendbar sind. Zum anderen wird hierdurch, wie bereits ebenfalls vorstehend erwähnt, durch eine erhöhte Objektivvergrößerung die bildseitige Tiefenschärfe, d. h., die Tiefenschärfe im Bereich der lichtempfindlichen Schicht 22, größer, so daß auch aus diesem Grunde eine Fokussierung immer schwieriger wird. Als Gegenmaßnahme wird das Zwischenbild *O'* mittels eines Zoomsystems 32, sowie im dargestellten Beispiel eines Kollimators 34 in eine ortsfixe zweite Zwischenbildebene *O''* abgebildet. Der Kollimator 34 bewirkt, daß dem Zoomsystem 32 paralleles Licht zugeführt wird. Er bildet des weiteren die Pupille *P* des Objektivs 10 in die Pupille *P'* des Zoomsystems 32 ab. Das Zoomsystem 32 und der Kollimator 34 erzeugen somit in der Zwischenbildebene *O''* ein verkleinertes Bild des in der Zwischenbildebene *O'* erzeugten, vom Objektiv 10 vergrößert wiedergegebenen Bildes des Objektes *O*. Durch eine geeignete Wahl der Verkleinerung kann erreicht werden, daß unabhängig von der Vergrößerung des jeweils verwendeten Mikroskopobjektivs in der Zwischenbildebene *O''* ein Bild des Objektes *O* entsteht, dessen Größe sich nicht oder nur wenig verändert. Dies kann durch einen Koppelungsmechanismus 36 bewerkstelligt werden, der automatisch mit der Verstellung des Objektivrevolvers 6 die Brennweite des Zoomsystems 32 und damit dessen Vergrößerungs- bzw. Verkleinerungswirkung auf entsprechende Grundwerte einregelt, wobei ein manuell betätigbares Stellglied 38 ein gewollt unterschiedlich oder zusätzliche Brennweitenverstellung des Zoomsystems 32 ermöglicht, die in Sonderfällen, wie beispielsweise bei besonders schwachen Objektkontrasten u. U. wünschenswert ist.

Die folgende Tabelle gibt Beispiele für eine derartige Grundeinstellung wieder.

	Längsobjektiv- vergrößerung	Brennweite; Zoomsystem
5	5x/10x	80 mm
	20 x	60 mm
	50 x	30 mm
10	100 x / 150 x	18 mm

Die Kollimatorlinse hat dabei beispielsweise eine Brennweite von 70 mm, die Linse 40 eine Brennweite von 40 mm und die Linse 30 eine Brennweite von 25 mm, wenn auf einer Fernsehkamera mit 2/3" zwei identische Bilder nebeneinander erzeugt werden sollen.

Fig. 1 zeigt ferner in schematisierter Darstellung die Einspiegelung eines Musters in die Objektebene *O*. Das Muster ist im dargestellten Falle von einem Gitter 40 gebildet, das mit einem Motortrieb 41 verbunden ist, der eine Verschiebung des Gitters 40 längs der optischen Achse des Abbildungsstrahlenganges 42 ermöglicht. Das Gitter ist in einer zur Objektebene *O* konjugierten Ebene angebracht. Es wird von einer Lampe 43 über einen Kollektor 44 und einem Filter 45 beleuchtet, mittels eines halbdurchlässigen Spiegels 46 in den Strahlengang eingeblendet und über den halbdurchlässigen Spiegel 14, die Linse 12 sowie das jeweilige Objektiv 8 des Objektivrevolvers 10 in die Objektebene *O* projiziert. In Betrachtungsstrahlengang *X-X* ist eine bezüglich seiner Wellenlängendurchlässigkeit komplementäre Filter 47 angebracht. (Wenn das Filter 45 ein Langpaßfilter z. B. für 670 nm ist, dient als Filter 47 ein entsprechendes Kurzpaßfilter z. B. für 670 nm). Die Verwendung der Filter 45 und 47 verhindert, daß das auf dem Objekt *O* erzeugte Bild des Gitters 40 im Einblick des Mikroskops sichtbar wird.

Durch Auswahl einer Filterwellenlänge für das Filter 45, die im Infrarotem liegt, läßt sich der gleiche Effekt erzielen und das Filter 47 könnte entfallen. Wenn jedoch die Objektive, wie üblich, nicht für Infrarot korrigiert sind, würde dies jedoch dazu führen, daß das Gitter 40 nicht scharf abgebildet wird und je nach Objektiv 8 unterschiedliche Fokusslagen in der Bildebene *O''* eintreten. Dies wird durch den Motortrieb 41 ausgeglichen, welcher das Gitter 40 in Abhängigkeit von dem jeweiligen Objektiv 8, beispielsweise durch ein nicht gezeigtes durch die Verstellung des Objektivrevolvers betätigtes Stellglied entsprechend längs der optischen Achse 42 verschiebt.

Die in Fig. 4 gezeigte teilschematisierte Detaildarstellung der für die Autofokussierung verwendeten Optik-Baugruppen gilt ein praktisches Ausführungsbeispiel wieder. Die der schematischen Darstellung von Fig. 1 entsprechenden Bauelemente sind mit den gleichen Bezugszeichen belegt. Daneben erkennt man einen zusätzlichen Spiegel 48 der das von der Lichtquelle 43 kommende Beleuchtungslicht auf das in der zur Objektebene konjugierten Ebene *O** belegene Gitter 40 umlenkt und eine nach dem Zoomobjektiv angebrachte Blende 50. Die Lichtquelle 43 enthält eine Reflektorlampe 49, die in einem mit Kühlrippen versehenen Lampengehäuse 51 aufgenommen ist, welches auch das Filter 45 hält. Das komplementäre Filter 47 im Beobachtungsstrahlengang ist in dieser Detailansicht nicht dargestellt.

An die Fernsehkamera *TV* von Fig. 1 ist beispielsweise die in Fig. 2 gezeigte elektronische Schaltung ange-

geschlossen. Das Ausgangssignal aus der Fernsehkamera TV gelangt in einen Eingangsverstärker A und hat die in den Signalverlaufdiagrammen der Fig. 3 unter I gezeigte Form, und zwar unter der Voraussetzung, daß sich die Objektebene O näher an einer der beiden Fokusebenen a, b befindet. Nehmen wir an, es sei dies die Fokusebene a. Dann wird die auf dem lichtempfindlichen Flächenanteil 22a erzeugte Abbildung schärfer als die auf dem lichtempfindlichen Flächenanteil 22b erzeugte Abbildung sein, so daß der über die gesamte Breite der lichtempfindlichen Schicht laufende Abtaststrahl der Fernsehkamera TV das unter I gezeigte elektrische Signal ergibt, bei dem der Oberwellenanteil sehr groß ist, solange der Abtaststrahl den lichtempfindlichen Flächenanteil 22a durchläuft, und sehr niedrig, wenn er den lichtempfindlichen Flächenanteil 22b durchläuft. Begrenzt wird so eine Abtastzeile auf beiden Seiten von den horizontalen Synchronisationssignalen, die ebenfalls in der Fig. 3 I dargestellt sind.

An den Eingangsverstärker A ist ein Hochpaßfilter B angeschlossen, der die hochfrequenten Schwingungen bevorzugt durchläßt. An diesen wiederum ist ein Nachverstärker C angeschlossen. An den elektronischen Schalter F sind in Parallelschaltung zwei elektronische Schalter G und H angeschlossen, auf die in Reihe zwei Demodulatoren D und E folgen, von denen der eine an den positiven Eingang und der andere an den negativen Eingang eines Leistungsdifferenzverstärkers I angeschlossen ist, dessen Ausgang ein Stellglied J steuert, das die Objektebene O verstellt. Zwischen dem Eingangsverstärker A und dem Hochpaßfilter B ist eine Abzweigung vorgesehen, die zu einer Einheit K für die vertikale Synchronisationserkennung führt und deren Ausgang den elektronischen Schalter F steuert. Diese Einheit K öffnet den Schalter F, solange vertikale Synchronisationsimpulse ankommen, und schließt den Schalter F während der übrigen Zeit, in der die lichtempfindliche Schicht 22 über beide Flächenanteile 22a und 22b hinweg Zeile für Zeile abgetastet wird, bis diese Fläche einmal vollständig abgetastet worden ist, so daß während der Ankunft der vertikalen Synchronisationsimpulse eine Ansteuerung des Stellmotors J ausgeschlossen ist.

Zwischen dem Eingangsverstärker A und dem Hochpaßfilter B ist auch noch eine Einheit L für die horizontale Synchronisationserkennung angeschlossen, deren Ausgang an einem Monoflop M angeschlossen ist, dessen Ausgang seinerseits zum elektronischen Schalter E und über einen weiteren Monoflop N zum elektronischen Schalter H geführt ist. Über die Einheit L wird der Monoflop M jedesmal dann angesteuert, wenn ein horizontaler Synchronisationsimpuls eingeht. Der Monoflop M schließt dann über die halbe Länge einer Abtastzeile, also solange der Abtaststrahl den Flächenanteil 22a der lichtempfindlichen Schicht 20 durchläuft, den elektronischen Schalter G, während der elektronische Schalter H offen ist, und triggert nach der vorgegebenen Zeit den Monoflop N an, wobei der elektronische Schalter G gleichzeitig geöffnet wird. Ist der Monoflop N beaufschlagt worden, schließt der Halter H die vorgestellte Zeit, nämlich über die Zeit, die zum Durchlaufen der zweiten Hälfte der Abtastzeile über die Breite des Flächenanteils 22b der lichtempfindlichen Schicht 20 hinweg benötigt wird, den elektronischen Schalter H. Die vor den Demodulatoren D und E anliegenden elektrischen Signale sehen daher aus wie es unter II und III der Fig. 3 gezeigt ist.

Aus den Demodulatoren D und E kommt ein Gleich-

spannungssignal, dessen Wert umso größer ist, je größer der Oberwellenanteil in den an die Demodulatoren D und E ankommenden elektrischen Signalen ist, d. h. im vorliegenden Beispiel, daß das Ausgangssignal des Demodulators D sehr groß ist, während das Ausgangssignal aus dem Demodulator E sehr klein ist. Die Gleichspannungen aus den Demodulatoren D und E verändern sich praktisch innerhalb einer Bildzeile nicht.

Unter IV ist in Fig. 3 die Gleichspannung aus dem Demodulator D punktiert und die Gleichspannung aus dem Demodulator E gestrichelt aufgetragen in Abhängigkeit von der Stellung der Objektebene O, wobei auch die Fokusebenen a und b angegeben sind. Liegt bspw. die Objektebene O in der Fokusebene a, dann erreicht die Gleichspannung aus dem Demodulator D ihr Maximum, während die Gleichspannung aus dem Demodulator E ihr Minimum, als praktisch Null, erreicht. Umgekehrt liegen die Verhältnisse, wenn sich die Objektebene in der Fokusebene b befindet. Der Leistungsverstärker I bildet nun das Differenzsignal zwischen der punktiert gezeichneten Spannung und der gestrichelt gezeichneten Spannung, wobei zu berücksichtigen ist, daß die eine Spannung ja am positiven und die andere Spannung am negativen Eingang anliegt, so daß sich am Ausgang des Leistungsverstärkers eine Umkehrung der Polarität ergibt. Diese Ausgangsspannung ist mit durchgehender Linie eingezeichnet. Mit Hilfe dieser Spannung kann nun einfach der als Stellmotor dienende Gleichstrommotor J beaufschlagt werden, der die Objektebene O verfährt. Der Stellmotor J wird die Stelle aufsuchen, wo die durchgezogene Spannungslinie die Abszisse kreuzt. Das ist genau in der Mitte zwischen den Fokusebenen a und b. Der Regelkreis ist somit geschlossen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Autofokussierung eines Mikroskops mit kontinuierlich oder diskontinuierlich veränderbarer Objektivvergrößerung, bei dem zwei Signale erzeugt werden, welche sich bei Vergrößerung bzw. bei Verkleinerung des Abstandes zwischen Objekt und Objektiv zumindest in einem Bereich, der benachbart zur Scharfeinstellungsebene liegt und diesen enthält, gegenläufig verändern, wobei Signale aus einer Strahlung gewonnen werden, die vom Objekt kommend durch das Objektiv hindurchgetreten ist, und wobei aus den Signalen zumindest ein Steuersignal gebildet wird, welches eine Verschiebung von Objekt und/oder Objektiv in Richtung einer optimalen Scharfeinstellung bewirkt und bei dem durch einen Wechsel in der Objektivvergrößerung bedingte Änderungen in den Signalen zumindest so weit ausgeglichen werden, daß die Autofokussierung für die jeweilige Objektivvergrößerung sichergestellt ist, dadurch gekennzeichnet, daß bei Betrieb mit einer Auflichtbeleuchtung in die Objektebene ein Hell-Dunkel-Kontrast enthaltendes Muster projiziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster in einer zur Objektebene konjugierten Ebene angeordnet und von hinten beleuchtet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Muster ein Strich- oder Kreuzgitter verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster mit-

tels eines teildurchlässigen Spiegels oder Prismas im Abbildungsstrahlengang eingespiegelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtung des 5
Musters nur während der Relativbewegung zwischen Objekt und Objektiv eingeschaltet wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die Beleuchtung des Musters und zur Durchführung der Auto- 10
fokussierung Licht eines Wellenlängenbereichs verwendet wird, der im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufzeichnungseinrichtung wieder ausgefiltert wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Beleuchtung 15
des Musters Licht mit einem Wellenlängenbereich verwendet wird, der außerhalb des für die Abbildung wirksam verwendeten Wellenlängenbereiches liegt, und daß zur Kompensation der hierdurch bedingten Brennpunktverschiebungen das 20
Muster oder eine das Muster abbildende Optik in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Mikroskopobjektiv in eine vorbestimmte Lage verschoben wird, welche die wellenlängenbedingte Brennpunktverschiebung kompensiert.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 25
dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtung des Musters mit polarisiertem Licht erfolgt, das im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmeeinrichtung durch komplementäre 30
Polarisationsfiltermittel ausgefiltert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, 35
dadurch gekennzeichnet, daß die Signale zunächst optische Signale sind, die durch opto-elektrische Wandler in elektrische Signale umgewandelt werden, und daß für den Ausgleich der durch einen Wechsel in der Objektivvergrößerung bedingten 40
Änderungen der Signale optische Mittel verwendet werden, mit welchen eine Anpassung der optischen Signale vor der Umwandlung in elektrische Signale vorgenommen wird, und/oder daß für den Aus- 45
gleich der durch einen Wechsel in der Objektivvergrößerung bedingten Änderungen der Signale elektronische Mittel verwendet werden, welche die elektrischen Signale beeinflussen oder verarbeiten.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß als optische Signale von dem Objekt 50
zwei voneinander getrennte Abbildungen auf separaten elektro-optischen Wandlern oder auf separaten Bereichen eines elektro-optischen Wandlers erzeugt werden, wobei die durch Rückprojektion der die Abbildungen aufnehmenden Wandler oder Bereiche eines Wandlers entstehenden Fokusebenen 55
voneinander getrennt werden und vor bzw. hinter der Scharfeinstellungsebene liegen.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 11, dadurch 60
gekennzeichnet, daß als optische Mittel Linsen bzw. Linsensysteme verwendet werden, die bei der Formung der optischen Signale das vom Objektiv erzeugte Bild maßstäblich verändern.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, 65
dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Mittel verwendet werden, um das vom Objektiv kommende Bild zu verkleinern.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, 70
dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstabsveränderung stufenweise durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder

12, dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstabsveränderung kontinuierlich durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, 75
dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstabsveränderung gekoppelt mit der Veränderung der Objektivvergrößerung erfolgt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, 80
dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstabsveränderung nach einem Herausführen der optischen Signale aus dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, 85
dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Mittel zur Maßstabsveränderung vor Aufspaltung in zwei voneinander getrennte optische Signale verwendet werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 17, 90
dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Signale vor Bildung der voneinander getrennten Abbildungen zumindest bei Einnahme des optimalen Fokussierungszustandes bildgrößen- und helligkeitsmäßig abgeglichen werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 18, 95
dadurch gekennzeichnet, daß zur Grobfokussierung der Helligkeit der beiden Abbildungen verwendet wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 18, 100
dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zur Feinfokussierung die einem hohen Ortsfrequenzbereich des Objekts entsprechenden Inhalte der Signale verwendet werden.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 20, 105
dadurch gekennzeichnet, daß als elektro-optische Wandler zumindest eine TV-Aufnahmeverrichtung verwendet wird.

22. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, 110
dadurch gekennzeichnet, daß die getrennten Abbildungen benachbart zueinander auf zumindest einem TV-Bildschirm wiedergegeben werden.

23. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, 115
dadurch gekennzeichnet, daß von dem Objekt Teilbilder in unterschiedlichen Maßstäben nebeneinander oder überlagert auf eine Detektorvorrichtung abgebildet werden.

24. Mikroskop mit kontinuierlich oder diskontinuierlich variierbarer Objektivvergrößerung mit einem Autofokussierungssystem, dessen Strahlengang das Objektiv durchsetzt, zwischen Objektiv und Okular aus dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops herausgeführt ist, und zu zumindest einer foto-elektrischen Detektorvorrichtung führt, 120
bei welchem in dem Strahlengang des Autofokussierungssystems zumindest ein optisches System eingebracht oder einbringbar ist, das bei einer Änderung der Objektivvergrößerung eine Maßstabsänderung des zumindest einen auf der Detektorvorrichtung erzeugten Bildes ermöglicht oder bewirkt, dadurch gekennzeichnet, daß in einer zur 125
Objektebene konjugierten Ebene ein Hell-Dunkel-Kontraste enthaltendes Muster angeordnet ist, das mittels einer Beleuchtungsquelle und eines im Strahlengang angeordneten teildurchlässigen Spiegels oder Prismas in die Objektebene projizierbar ist.

25. Mikroskop nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster im Abbildungsstrahlengang 130
eingespiegelt wird.

26. Mikroskop nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Muster ein Strich- oder Kreuzgitter ist.

27. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungsquelle einen bestimmten Wellenlängenbereich aufweist oder daß ein selektives Farbfilter vor dem Muster angeordnet ist, und daß in den Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmevorrichtung ein komplementäres Farbfilter angebracht ist.

28. Mikroskop nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß in Richtung der Lichtausbreitung gesehen vor dem Muster ein Langpaßfilter und im Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder einer Aufnahmevorrichtung ein korrespondierendes Kurzpaßfilter eingebracht ist.

29. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß in Richtung der Lichtausbreitung gesehen vor dem Muster ein Polarisationsfilter und in dem Abbildungsstrahlengang vor dem Einblick und/oder der Aufnahmevorrichtung ein komplementäres Polarisationsfilter angebracht ist.

30. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter oder eine Linse, welche das Gitter abbildet, längs des Projektionsstrahlenganges verschiebbar angeordnet ist und mit einer Stellvorrichtung in Wirkverbindung steht, welche eine Verschiebung des Gitters in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Mikroskopobjektiv bewirkt.

31. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß das zumindest eine optische System ein Zoomsystem enthält.

32. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß das zumindest eine optische System eine Reihe von in den Strahlengang des Fokussierungssystems einbringbaren Linsen oder festen Linsensystemen enthält.

33. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 32 gekennzeichnet durch einen Kopplungsmechanismus, welcher bewirkt, daß bei einem Objektwechsel oder einer Änderung der Objektvergrößerung die Brennweite des zumindest einen in den Strahlengang des Autofokussierungssystems eingebrachten oder einbringbaren optischen Systems entsprechend variiert wird.

34. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Kopplungsmechanismus für jede Vergrößerung des Objektivs eine entsprechende Grundeinstellung der Brennweite bewirkt und eine manuelle Eingriffsmöglichkeit bietet.

35. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 34, mit Auflicht- und/oder Durchlichtbeleuchtung und zwei Detektoreinrichtungen, welche derart angeordnet sind, daß ihre Rückprojektionen mittels der Optiken des Autofokussierungssystems und des Objektivs in voneinander getrennten Fokusebenen benachbart zur Scharfeinstellungsebene des Objektivs liegen, dadurch gekennzeichnet, daß das optische System zur Erzeugung einer Maßstabsänderung der auf den Detektoreinrichtungen erzeugten Abbildungen des Objekts in einem Bereich des Fokussierungsstrahlengangs angebracht oder anbringbar ist, der von den zu den beiden Detektoreinrichtungen verlaufenden Strahlenbündeln ge-

meinsam durchlaufen wird.

36. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 34, mit Auflicht- und/oder Durchlichtbeleuchtung und zwei Detektoreinrichtungen, welche derart angeordnet sind, daß ihre Rückprojektionen mittels der Optiken des Autofokussierungssystems und des Objektivs in voneinander getrennten Fokusebenen benachbart zur Scharfeinstellungsebene des Objekts liegen, dadurch gekennzeichnet, daß je ein optisches System zur Erzeugung einer Maßstabsänderung der auf den Detektoreinrichtungen erzeugten Abbildungen des Objekts in dem separat zu der jeweiligen Detektoreinrichtung führenden Bereich des Strahlengangs angebracht oder anbringbar ist.

37. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops eine Strahlenteiler- vorrichtung derart angebracht ist, daß von dem hierdurch ausgelenkten Fokussierungsstrahlenbündel ein Zwischenbild des Objekts erzeugt wird, welches mit Hilfe des zumindest einen optischen Systems im Maßstab verändert und direkt oder über ein weiteres Zwischenbild auf die Detektoreinrichtungen abgebildet wird.

38. Mikroskop nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem zumindest einen optischen System ein Kollimator derart vorgeschaltet ist, daß er die Pupille des Mikroskopobjektivs in die Pupille des zugehörigen optischen Systems abbildet.

39. Mikroskop nach einem der Ansprüche 24 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß als Detektoreinrichtungen zumindest eine TV-Aufnahmeeinrichtung dient, an die elektronische Signalverarbeitungsmittel angeschlossen sind, welche die Verschiebung des Objektisches und/oder des jeweiligen Mikroskopobjektivs steuern, bis eine optimale Fokussierung erreicht ist, und daß gegebenenfalls zumindest ein Bildschirm angeschlossen ist.

3739223

30

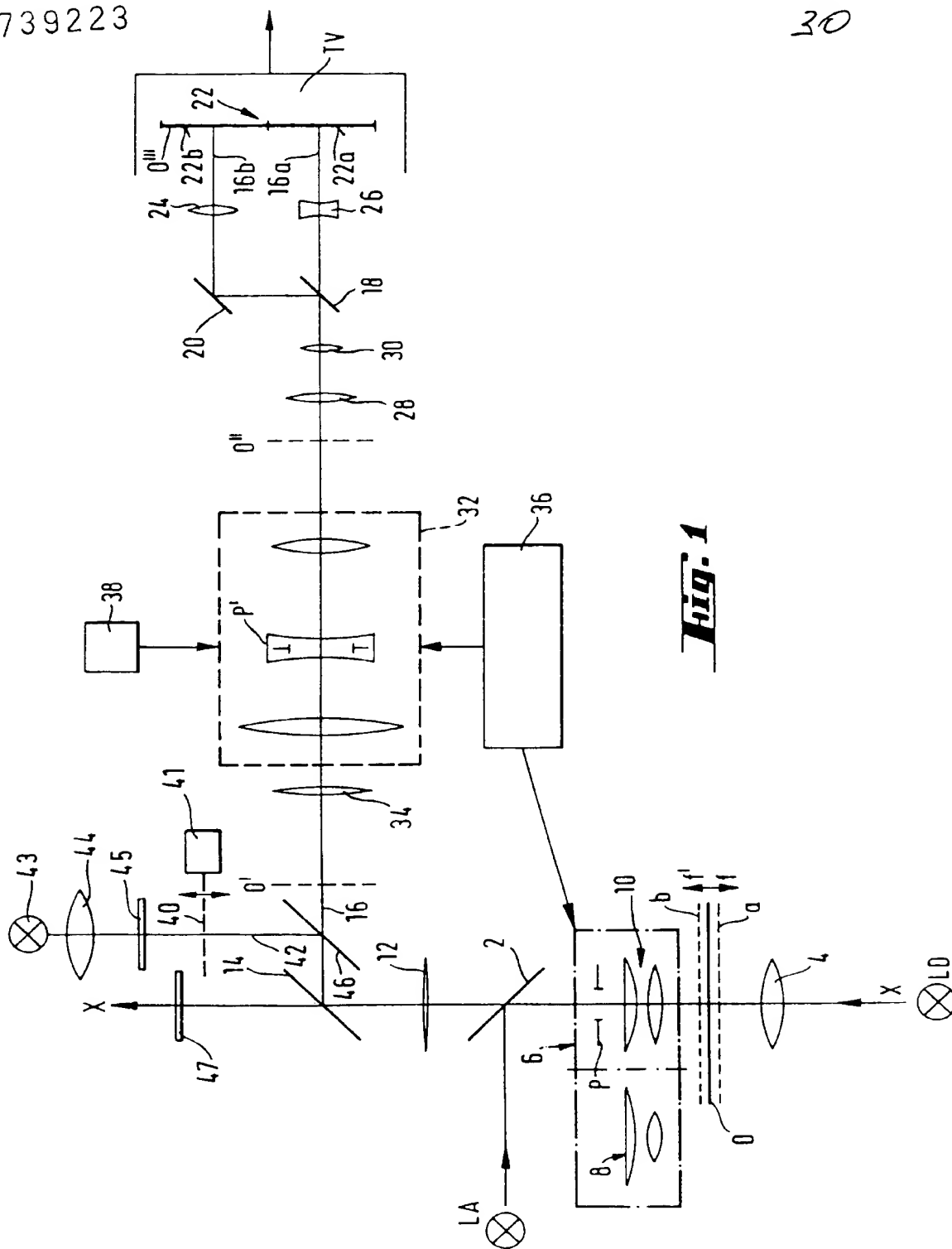
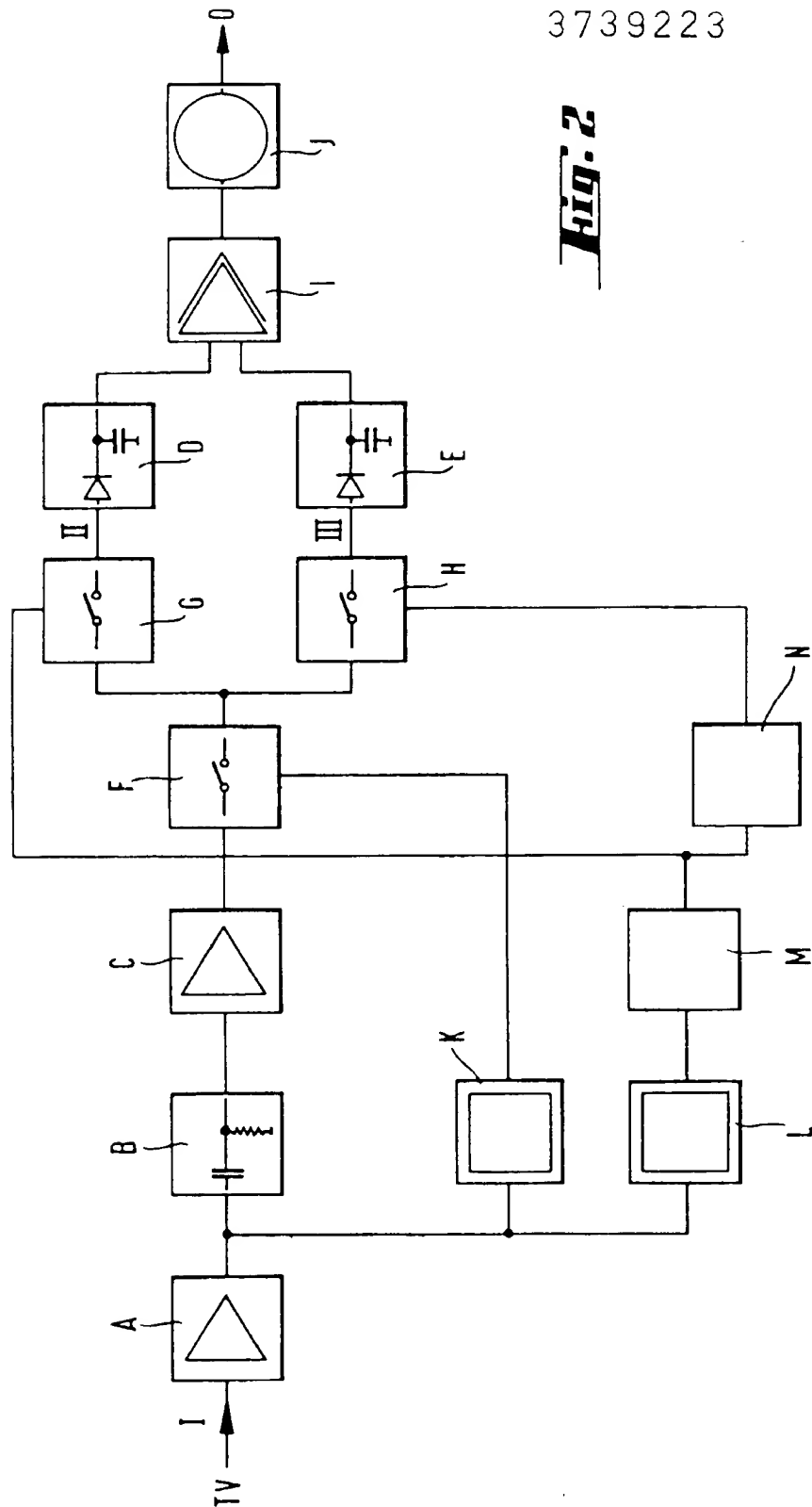


Fig. 1

3739223

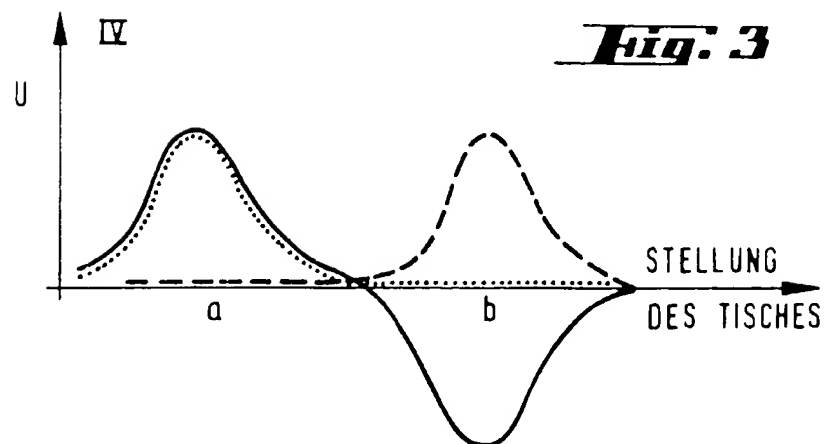
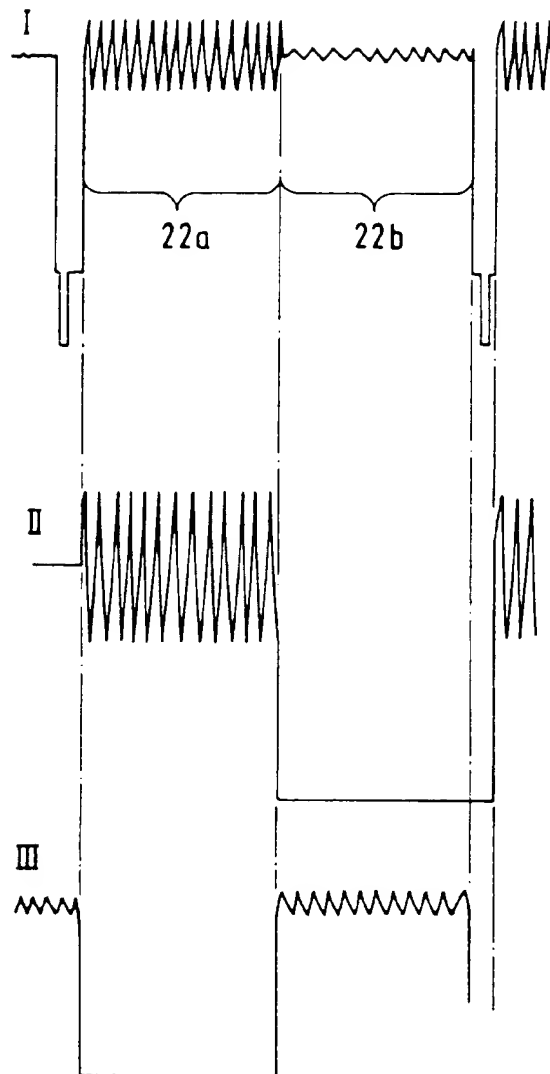
Fig. 2



3/4

3739223

32



4/4



3739223

33

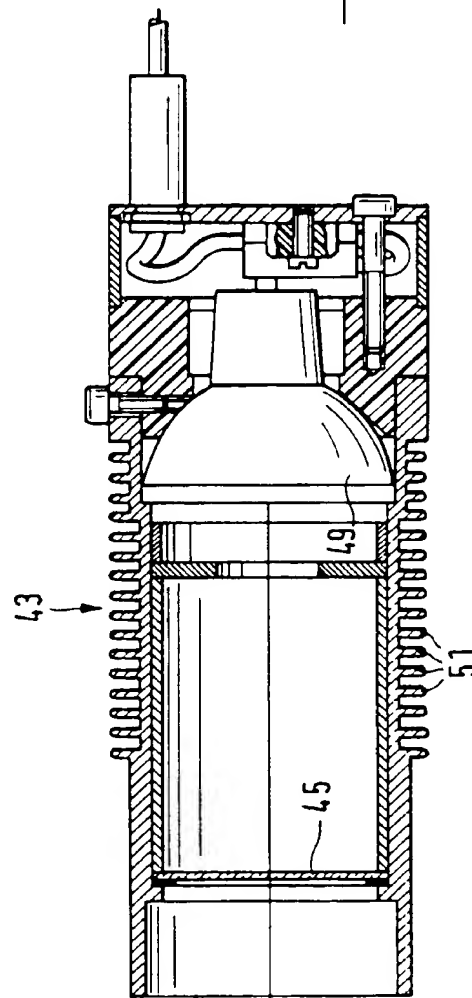
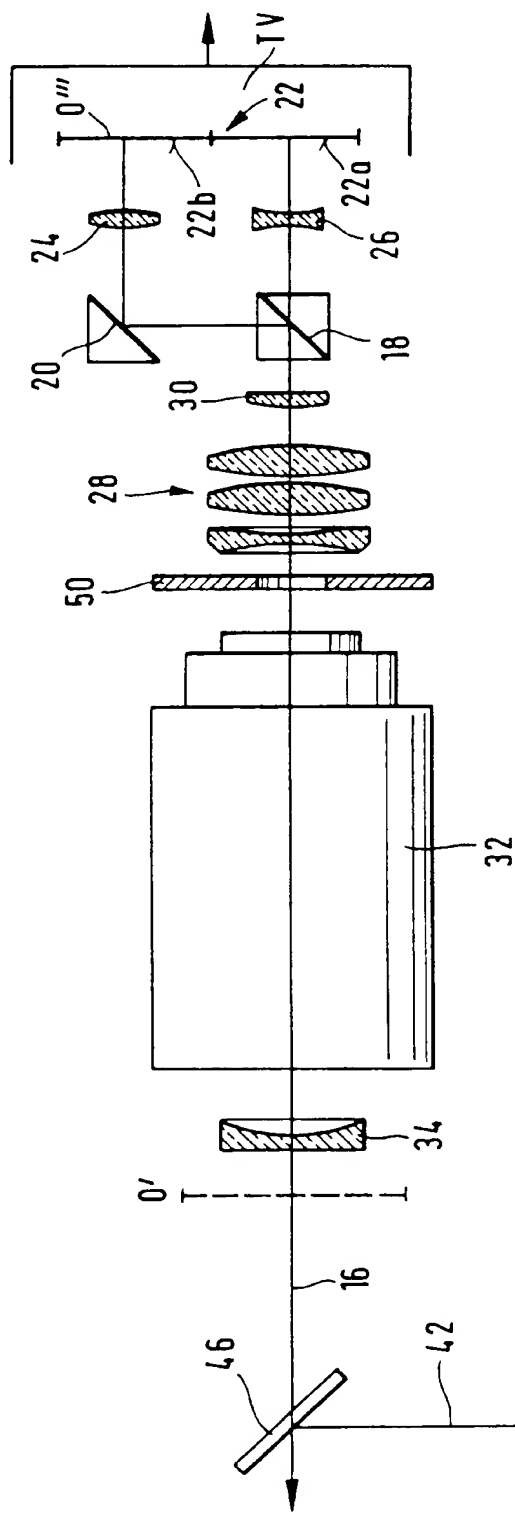


Fig. 4